

平成 1 5 年度
移動ロボットの安全基準策定
に関する調査報告書

平成 1 6 年 3 月

社団法人 日本機械工業連合会
社団法人 日本ロボット工業会

序

近年、技術の発展と社会との共存に対する課題がクローズアップされ、機械工業においても環境問題、安全問題が注目を浴びるようになってきております。環境問題では、京都議定書の発効が間近となり、排出権取引やCDMなどの柔軟性措置に関連した新ビジネスの動きもあり、政府や産業界は温室効果ガスの削減目標の達成に向けた取り組みを強化しているところであります。また、安全問題も、EUにおけるCEマーキング制度の実施や、平成12年には厚生労働省から「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達として出されるなど、機械工業にとってきわめて重要な課題となっております。

海外では欧米諸国を中心に環境・安全に配慮した機械としての具体的な形が求められてきており、それに伴う基準、法整備が進められているところであります。グローバルな事業展開を進めているわが国機械工業にとって、この動きに遅れることは死活問題であり早急な対処が必要であります。

こうした内外の情勢に対応するため、当会では早くから取り組んできた環境問題や機械標準化に係わる事業を発展させて、環境・社会との共存を重視する機械工業の在り方を追求して参りました。平成15年度には、海外環境動向に関する情報の収集と分析、環境適合設計手法の標準化、それぞれの機械の環境・安全対策の策定など具体的課題を掲げて活動を進めてきました。

こうした背景に鑑み、当会では機械工業の環境・安全対策のテーマの一つとして社団法人日本ロボット工業会に「移動ロボットの安全基準策定に関する調査研究」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成16年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会 長 相 川 賢 太 郎

はじめに

近年、産業用分野のみならず、非産業分野においても、公共の場や家庭内などで使用される移動ロボットの実用化が進んでおり、今後、このような人間と共存する移動ロボットが急速に普及することが予想されております。

しかしながら、現在のところ、このような移動ロボットに関する安全対策や規格などは整備されておらず、また、人間と共存する移動ロボットの安全対策は、従来の産業用ロボットとは明らかに異なるため、現行の産業用ロボットに関する安全規格類を適用した安全対策では、不十分であります。

このような状況において、すでに実用化されている移動ロボットの安全性確保及び今後の移動ロボットの普及促進のために、人間と共存する移動ロボットの安全基準の策定は急務であると共に、世界に先駆けてロボット大国である我が国から国際規格提案を行い、国際的にも未着手である移動ロボット分野での国際規格策定のイニシアティブをとることは、今後の我が国の国際規格戦略としても非常に重要であります。

本事業は、移動ロボットに関する安全性標準化のための調査研究に基づく安全基準策定を目的としており、策定された安全基準を国際規格提案することにより、当該分野における我が国の国際標準化戦略を推進するものであると確信しております。

最後に、本事業の遂行にあたり、経済産業省及び関係機関のご指導と本事業を当会に委託された社団法人日本機械工業連合会のご高配に深謝すると共に、本事業にご協力いただいた移動ロボット安全性標準化調査専門委員会（委員長 杉本旭 北九州市立大学教授）の委員各位のご尽力に対し、衷心より厚く御礼申し上げる次第であります。

平成16年3月

社団法人 日本ロボット工業会
会 長 田 崎 雅 元

移動ロボット安全性標準化調査専門委員会委員名簿

本委員会

	氏 名	機関名・所属・役職
委 員 長	杉本 旭	北九州市立大学 国際環境工学部環境機械システム工学科教授
委 員	高橋 浩爾	上智大学 名誉教授
〃	大久保 堯夫	日本大学 生産工学部管理工学科教授
〃	山田 陽滋	豊田工業大学 大学院工学研究科情報援用工学専攻助教授
〃	安藤 嘉則	群馬大学 工学部機械システム工学科講師
〃	稲垣 荘司	中小企業大学校 講師
〃	坂井 喜毅	経済産業省 産業技術環境局情報電気標準化推進室室長
〃	池田 博康	独立行政法人産業安全研究所 機械システム安全研究グループ 主任研究官
〃	大築 康生	川崎重工業(株) 技術開発本部システム技術開発センターシステム技術研修所長
〃	橋本 秀一	(株)デンソーウェーブ F A 事業部営業部市場開発グループ室長
〃	松日 楽信人	(株)東芝 研究開発センターヒューマンセントリックラボラトリー研究主幹
〃	榊原 伸介	ファナック(株) ロボット研究所名誉所長
〃	青山 元	富士重工業(株) クリーン事業部事業部長
〃	三谷 宏一	松下電工(株) 先行・融合技術研究所 n B T 開発部主査技師
〃	大西 献	三菱重工業(株) 新製品宇宙部ロボット事業グループ主席技師
〃	田中 雅人	(株)安川電機 ロボティクスオートメーション事業部技術開発部開発担当部長
〃	村瀬 有一	(株)富士通研究所 ペリフェラルシステム研究所自律システム研究部主任研究員
〃	黒澤 豊樹	黒澤 R & D 技術事務所 所長
〃	山下 智輝	(株)前川製作所 技術研究所ロボットテクノロジー G 課長
〃	大西 正紀	アシスト シンコー(株) 生産本部開発部開発グループ主任研究員
〃	佐藤 公治	(社)日本ロボット工業会 技術部部長

移動ロボット安全性検討ワーキンググループ

氏 名		機関名・所属・役職
主 査	池田 博康	独立行政法人産業安全研究所 機械システム安全研究グループ 主任研究官
委 員	安藤 嘉則	群馬大学 工学部機械システム工学科講師
〃	大久保堯夫	日本大学 生産工学部管理工学科教授
〃	三上優美子	経済産業省 産業技術環境局 標準課情報電気標準化推進室
〃	大築 康生	川崎重工業(株) 技術開発本部システム技術開発センターシステム技術研修所長
〃	橋本 秀一	(株)デンソーウェーブ F A事業部営業部市場開発グループ室長
〃	松日楽信人	(株)東芝 研究開発センターヒューマンセントリックラボラトリー研究主幹
〃	榊原 伸介	ファナック(株) ロボット研究所名誉所長
〃	青山 元	富士重工業(株) クリーン事業部事業部長
〃	村瀬 有一	(株)富士通研究所 ペリフェラルシステム研究所自律システム研究部主任研究員
〃	嶋地 直広	北陽電機(株) 経営企画室課長
〃	三谷 宏一	松下電工(株) 先行・融合技術研究所 n B T開発部主査技師
〃	大西 献	三菱重工業(株) 新製品宇宙部ロボット事業グループ主席技師
〃	田中 雅人	(株)安川電機 ロボティクスオートメーション事業部技術開発部開発担当部長
〃	山下 智輝	(株)前川製作所 技術研究所ロボットテクノロジーG課長
〃	大西 正紀	アシスト シンコー(株) 生産本部開発部開発グループ主任研究員
〃	佐藤 公治	(社)日本ロボット工業会 技術部部長

安全性検討ワーキンググループ

	氏 名	機関名・所属・役職
主 査	高橋 浩爾	上智大学 名誉教授
委 員	杉本 旭	北九州市立大学 国際環境工学部環境機械システム工学科教授
〃	山田 陽滋	豊田工業大学 大学院工学研究科情報援用工学専攻助教授
〃	安藤 嘉則	群馬大学 工学部機械システム工学科講師
〃	稲垣 荘司	中小企業大学校 講師
〃	三上優美子	経済産業省 産業技術環境局標準課情報電気標準化推進室
〃	池田 博康	独立行政法人産業安全研究所 機械システム安全研究グループ 主任研究官
〃	土肥 正男	和泉電気(株) 商品開発部 開発プロジェクト
〃	十川 修一	川崎重工業(株) 汎用機カンパニーロボットビジネスセンター 設計部制御設計グループ長
〃	射場 達也	(株)ダイヘン 溶接メカトロカンパニー技術部参事
〃	橋本 秀一	(株)デンソーウェーブ F A 事業部営業部市場開発グループ室長
〃	榊原 伸介	ファナック(株) ロボット研究所名誉所長
〃	覚田 善徳	(株)不二越 ロボット製造所開発部制御開発
〃	荻野 英司	富士重工業(株) 第1生産技術部第2ボディ技術課課長
〃	北村 篤史	三菱電機(株) 名古屋製作所サーボ・ロボットシステム部専任
〃	松尾 健治	(株)安川電機 ロボティクスオートメーション事業部制御技術部課長
〃	中村 尚範	トヨタ自動車(株) 部長
〃	黒澤 豊樹	黒澤R&D技術事務所 所長
〃	大西 正紀	アシスト シンコー(株) 生産本部開発部開発グループ主任研究員
〃	渡辺 昭一	安全規格コンサルタント 代表
〃	佐藤 公治	(社)日本ロボット工業会 技術部部長

操作インタフェースワーキンググループ

氏 名		機関名・所属・役職
主 査	安藤 嘉則	群馬大学 工学部機械システム工学科講師
委 員	稲垣 荘司	中小企業大学校 講師
〃	三上優美子	経済産業省 産業技術環境局標準課情報電気標準化推進室
〃	池田 博康	独立行政法人産業安全研究所 機械システム安全研究グループ 主任研究官
〃	錦 朋範	和泉電気(株) オペレータインタフェース開発部部長
〃	大築 康生	川崎重工業(株) 技術開発本部システム技術開発センターシステム技術研修所長
〃	永田 学	(株)神戸製鋼所 溶接カンパニー技術開発部主任研究員
〃	白濱 和人	(株)ダイヘン 溶接メカトロカンパニー技術部参事
〃	榊原 聡	(株)デンソーウェーブ F A 事業部技術部技術 1 室室長
〃	伊藤 孝幸	ファナック(株) ロボット技術センター所長
〃	浜田 博文	(株)不二越 ロボット製造所制御開発チーフ
〃	田中 雅人	(株)安川電機 ロボティクスオートメーション事業部技術開発部開発担当部長
〃	黒澤 豊樹	黒澤 R & D 技術事務所 所長

目 次

- ・ 序
- ・ はじめに
- ・ 移動ロボット安全性標準化調査専門委員会名簿

1. 調査研究の概要	1
1.1 調査研究の目的	1
1.2 調査研究の概要	1
1.3 調査研究の体制	1
2. 移動ロボットの安全性標準化に関する検討	3
2.1 概要	3
2.2 ワーキンググループでの審議経過	4
2.3 移動ロボットの調査事例	4
2.4 移動ロボットの分類と安全上の課題	22
2.5 移動ロボットのリスクアセスメント	28
2.6 まとめ	45
3. I S Oにおける標準化動向	47
3.1 ISO/TC184/SC2 の活動状況	47
3.2 日本提案及び国際規格回答状況	49
3.3 I S Oの国際会議報告	60
3.4 ロボットの安全性に関する国際調査報告	76
4. ロボット操作インタフェース標準化に関する検討	84
4.1 調査の概要	84
4.2 ワーキンググループでの審議経過	84
4.3 ロボット操作インタフェース標準化案	84
4.4 標準化案に対する補足説明	90
5. 今後の進め方	91
付属資料	92

1. 調査研究の概要

1.1 調査研究の目的

近年、産業用分野のみならず、非産業（パーソナル）分野においても、移動ロボットの実用化が進み、人間と共存する移動ロボットというものが現実のものとなっており、今後、このようなロボットが急速に普及することが予想される。

しかしながら、現在のところ、人間と共存する移動ロボットに関する安全対策や規格などは整備されておらず、ISO や JIS、労働安全衛生規則等ではこのようなロボットについては適用範囲外としている。

このような人間と共存する移動ロボットの安全対策は、非定常時のみに人が接近する従来の固定式の産業用ロボットとは明らかに異なり、現行の産業用ロボットに関する安全規格類をそのまま適用しようとしても無理があるなど、これまでの安全対策では、当然不十分である。

本調査研究では、すでに実用化されている移動ロボットの安全性確保及び今後の移動ロボットの普及促進のために、人間と共存する移動ロボットの安全基準の策定を目的とし、その成果については、積極的に国際標準提案を行うこととする。

1.2 調査研究の概要

本年度は以下の調査検討に基づき、人間と共存する移動ロボットの安全基準の策定に関する検討を行った。

（１）機械に関する安全規格及び産業用ロボットの安全規格に関する調査検討

機械に関する安全規格（JIS B 9702,9705,9960 等）及び産業用ロボットの安全規格（JIS B 8433,ANSI/RIA R15.06）に関する調査。

（２）機械に関する安全規格及び産業用ロボットの安全規格の移動ロボットのへ適用についての検討

機械に関する安全規格及び産業用ロボットの安全規格の規定内容が、移動ロボットについても適用可能か否かについての具体的検討。

（３）移動ロボット特有の危険源及びリスクアセスメントについての検討

従来の機械にはない、移動ロボット特有の危険源を同定し、それらのリスクアセスメントについての具体的検討及びその結果の安全基準への反映。

1.3 調査研究の体制

ロボットメーカ、ユーザ及び学識経験者によって構成される国際標準化対策専門委員会を当工業会内に設置し、本委員会と３つのワーキンググループ（移動ロボット安全性検討ワーキンググループ、安全性検討ワーキンググループ及び操作インタフェースワーキンググループ）によって調査研究を行った。

本委員会は、調査研究の方針を決定し、事業の進展を統括すると共に、各ワーキンググループの作業内容の審議、承認を行った。

移動ロボット安全性検討ワーキンググループは、移動ロボットの安全基準策定に向けて、対象となる移動ロボット範囲とその体系化、現行の機械安全に関する規格類の移動ロボットへの適用の可否、移動ロボット特有の危険源とそのリスクアセスメント等についての検討を行った。

安全性検討ワーキンググループは、移動ロボットの安全性検討に密接に関連する ISO 10218（産業用マニピュレーティングロボット—安全性）の改訂作業に関して、日本提案及び ISO から回付される国際投票に対する日本回答の作成、各国提案の検討及び関係主要国の現状等の調査を行った。

操作インタフェースワーキンググループは、ロボットの安全性に密接に関連するティーチングペンダント等の操作部のヒューマンインタフェースに関する標準化についての検討を行った。

2. 移動ロボットの安全性標準化に関する検討

2.1 概要

近年、産業用分野のみならず、非産業分野においても、公共の場や家庭内などで使用される移動ロボットの実用化が進んでおり、人間と共存する移動ロボットというものが現実のものとなってきており、今後、このようなロボットが急速に普及することが予想される。

しかしながら、現在のところ、このような移動ロボットに関する安全対策や規格などは整備されておらず、ISO や JIS、労働安全衛生規則等ではこのようなロボットについては適用範囲外としている。

このような人間と共存する移動ロボットの安全対策は、非定常時のみに人が接近する従来の固定式の産業用ロボットとは明らかに異なり、現行の産業用ロボットに関する安全規格類をそのまま適用しようとしても無理があるなど、これまでの安全対策では、当然不十分である。

このような状況において、すでに実用化されている移動ロボットの安全性確保及び今後の移動ロボットの普及促進のために、人間と共存する移動ロボットの安全基準の策定は急務であるといえる。

そこで、本調査研究では、これまでになされてきた機械に関する安全規格及び産業用ロボットの安全規格の移動ロボットのへ適用についての検討に基づき、移動ロボットの安全基準案の策定に向けた検討を開始した。

三カ年計画の初年度である今年度は、まず、移動ロボットの安全基準策定に際して、次のような調査検討を実施した。それらの詳細については、4.3 以降に具体的に述べることにする。

- ・移動ロボットの安全基準を検討するには、対象とする移動ロボットの範囲を明確にする必要がある。そのためには、現在ある移動ロボットにはどのようなものがあるかを把握した上で、それらを分類し、その体系化について検討する。
- ・実際にどのような移動ロボットがあるかを把握するため、事例調査を実施した。
- ・移動ロボットの分類については、単純な分類ではなく、安全性に着目した分類を行うための検討を実施した。
- ・移動ロボットの安全基準策定にあたり、想定される問題点を明確にするため、移動ロボットの危険源リストを作成した。

なお、今年度以降の調査研究計画は次のとおりである。

- ・次年度－移動ロボットの安全基準で対象とする移動ロボットの範囲を明確にすると共に、移動ロボットの体系化についてのまとめを行う。
 - －移動ロボット安全基準策定の手法についての検討を行う。
- ・最終年度－それまでの調査研究結果に基づき、移動ロボットの安全基準策定を行う。

2.2 ワーキンググループでの審議経過

今年度は、移動ロボット安全性検討ワーキンググループにおいて3回の審議を行った。

第1回目は、本調査研究の経緯説明、今年度の進め方の検討及び各メーカーにおける移動ロボットの開発事例の紹介を行った。

第2回目は、1回目に引き続き、各メーカーにおける移動ロボットの開発事例の紹介を行うと共に、移動ロボットの範囲及び移動ロボットの安全性標準化で想定される問題点についての検討を行った。

第3回目は、移動ロボットの範囲を定めるために、移動ロボットの分類についての検討を行うと共に、移動ロボットの安全性標準化で想定される問題点を見極めるために、移動ロボットの危険源について、リストを作成し検討を行った。また、報告書の内容についても検討を行った。

2.3 移動ロボットの調査事例

2.3.1 移動ロボット開発動向

移動ロボットに関する定義はまだ国際的には統一されていないが、国内では「自動的に移動できるロボット」（移動ロボットの用語より）と定義されており、非常に広い概念として説明されている。産業用途の移動ロボットが、自動制御による移動機能を持ってプログラムを実行できる機械とすると、非産業用移動ロボットも同様に解釈され、人間が直接操縦しない移動機械のほとんどが移動ロボットと見なすことができる。ちなみに、移動とは「姿容を連続的に一定に保ちながら、又は離散的に同一の姿容をとりながら、本体のポーズを変えること」とされ、必ずしも本体の位置が変わることを意味しない。

以上のような移動ロボットの解釈に基づき、現在開発あるいは実用化されている移動ロボットを挙げると非常に多岐にわたる。移動ロボットの製造業分野への適用は、移動機構付きマニピュレーティングロボットや搬送ロボットが代表的であるが、非製造業以外の産業分野では、農水産ロボット、鉱業ロボット、建設ロボット、原子力（点検・除染）ロボット、高所作業（高圧線工事）ロボットがある。一方、非産業分野としては、医療・福祉ロボット、サービスロボット、アミューズメントロボット、パーソナルロボット、レスキューロボット、保全・警備ロボット、清掃ロボット、軍事ロボット、宇宙ロボットなどが挙げられる。これらのロボットは移動がロボットの主な機能とは限らないが、特に最近開発が盛んな非産業用途のロボットでは、移動機能はロボット動作の実現のためには最も重要な機能となっていることが多い。

近年、移動ロボットの開発が進められている背景には、以下の様々な移動要素技術が進展して利用できる環境が整備されてきたことがある。

- a) エネルギー源とアクチュエータ：小型・高出力化、省エネルギー化
- b) 移動手段：車輪、クローラ、脚等

c) 誘導技術：電磁・光学ガイド、マーク、ID タグ、環境認識（画像処理）、灯台、ジャイロ、GPS 等

d) 制御とセンサ技術：知能化、自動航法、危険回避、最適経路生成

これらの技術を導入することによって、最近の移動ロボットのエネルギー供給は有索から自立へ、移動制御もプレイバックから自律へと変わりつつある。特に、比較的小型な移動ロボットが人間の動作環境下で移動する場合に、その傾向は顕著である。このような移動環境を人間と共有するロボットは、いわゆる人間共存型ロボットとも呼ばれており、今後も非産業分野を中心に多くの種類が登場することが予想され、移動ロボットの安全性について懸念されている。移動ロボットの安全性の問題は実用化のための障害となるかもしれない。

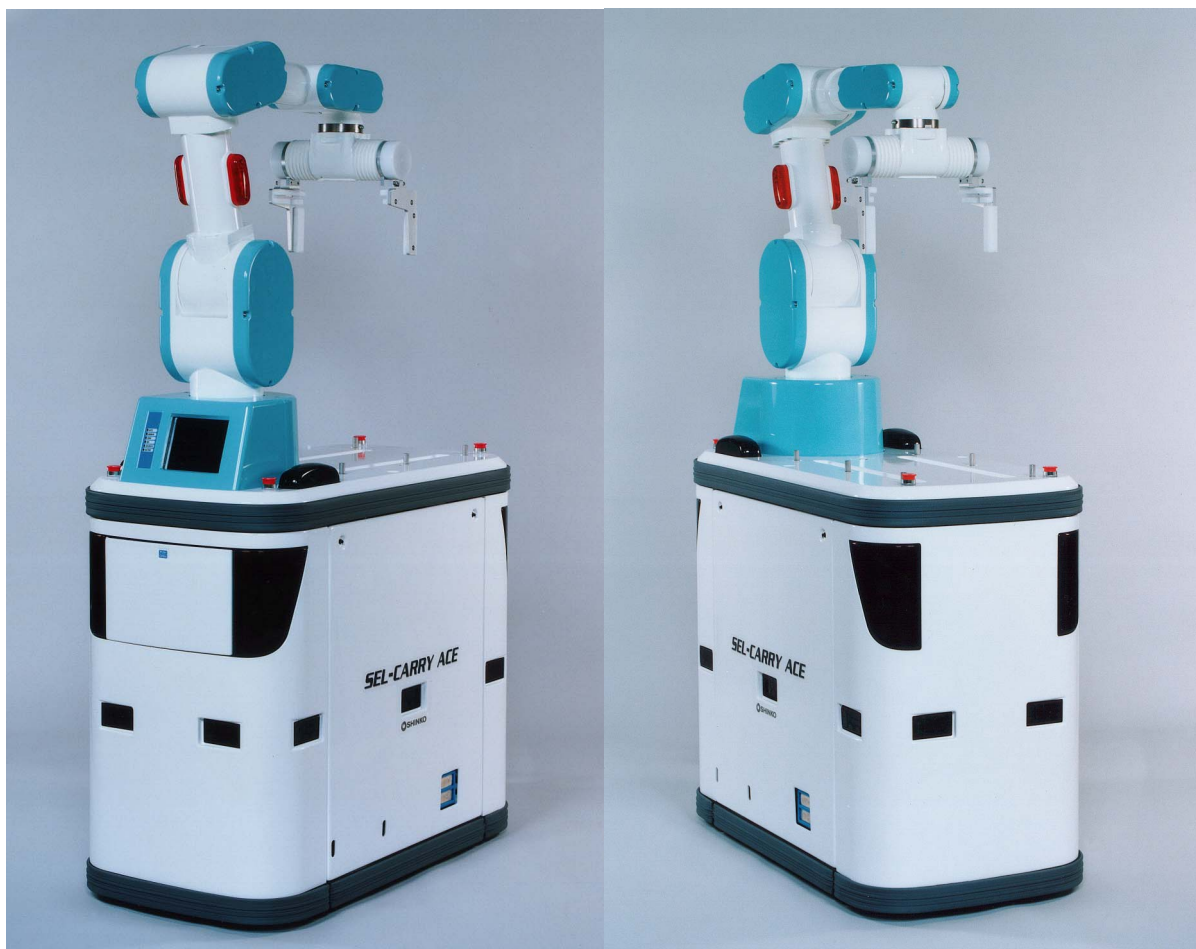
以降、現在開発中、あるいは既に実用化されている移動ロボットの事例を紹介し、それらの事例を基に移動ロボットの分類と危険性の抽出を試みる。

2.3.2 移動ロボットの事例

アシストシンコーの移動ロボット (AGV)

1. 半導体クリーンルーム用 AGV (200mm)

- 200mm ウェーハを格納したカセットの搬送用移動ロボット
- クリーン度クラス 1 ($0.1\mu\text{m}$) 対応
- 最高走行速度 : 6.0km/hour



2. 半導体クリーンルーム用 AGV (300mm)

- 300mm ウェーハを格納した FOUP の搬送用移動ロボット
- クリーン度クラス 1 ($0.1\mu\text{m}$) 対応
- 最高走行速度：6.0km/hour



3. 半導体クリーンルーム用 AGV (300mm)

- 300mm ウェーハを格納した FOUP の搬送用移動ロボット
- クリーン度クラス 1 ($0.1\mu\text{m}$) 対応
- 最高走行速度 : 6.0km/hour
- 安全規格適合

SEMI S2/S8

SEMI E33

ANSI/RIA R15.06

NFPA79

IEC 60204-1

CE Marking

Machinery Directive

Low Voltage Directive

EMC Directive



4. 半導体クリーンルーム用 RGV (300mm)

- ・300mm ウェーハを格納した FOUP の搬送用移動ロボット
- ・クリーン度クラス 1 ($0.1\mu\text{m}$) 対応
- ・最高走行速度：9.0km/hour



5. 液晶クリーンルーム用 AGV (第 6 世代)

- ・液晶ガラス基板を格納したカセットの搬送用移動ロボット
- ・最高走行速度：3.6km/hour



1. 製品名 移動ロボット DM シリーズ

2. 製造販売 株式会社デンソーウェーブ

3. 製品の特長

① 生産量変動にフレキシブルに対応

ロボット投入台数の増減で、生産量変動に対応。迅速かつ柔軟な工程変更を実現。

② 無人システムの構築を実現

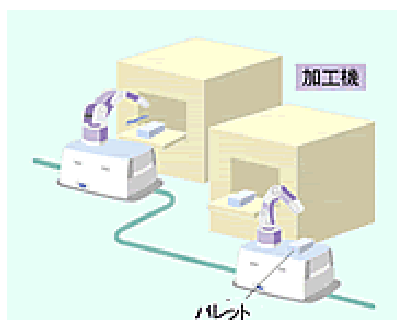
③ 豊富なバリエーション



標準		クリーン [クラス 1 (0.1 μm)]	
標準モーター	全軸 80W モーター	標準モーター	全軸 80W モーター
DM-60A0D	DM-60A0D-S	DM-60A0D-P0	DM-60A0D-S-P0

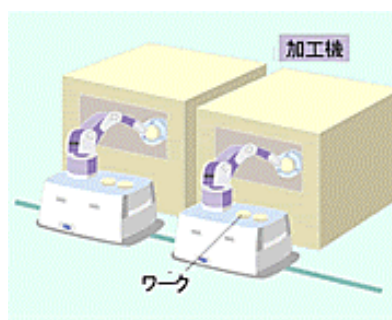
※ 標準モーターとは、J1、J2、J3:200W J4、J5、J6:80W です。

4. システム事例



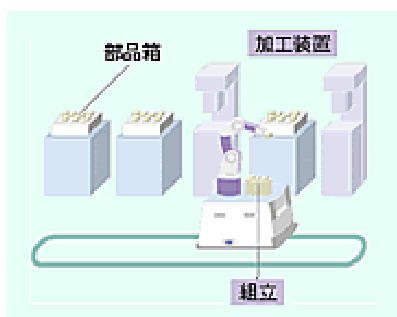
組立工程への多種多様な部品供給

- ・ 多種部品への対応が容易
- ・ 部品供給装置の設置が簡単



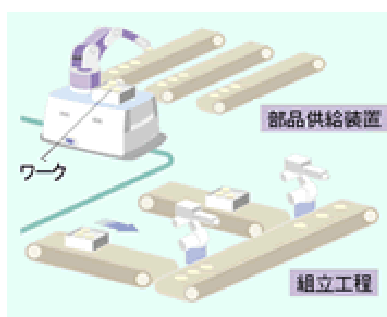
加工機へのローディング・アンローディング

- ・ 設備の増設・縮小が容易
- ・ 多様な加工順序に対応



部品集結と、台車上での組立

- ・ 高価な部品供給トレイ不要
- ・ 生産量変動に柔軟に対応
- ・ 中少量組立の自動化が可能



パレット搬送

- ・ 設備の増設・縮小が容易
- ・ 設備側のコンベア不要
- ・ 設備との位置調整が容易

ロボット情報家電“ApriAlpha”（東芝）

ApriAlpha (Advanced Personal Robotic Interface Type Alpha)¹⁾は人と機械のインタフェースとしてのホームロボットのコンセプトモデルである。これはカメラ、マイク、スピーカを搭載した移動ロボットであり、大きく「情報家電」と「セキュリティ」の2つの機能を有する。1つは、ネットワーク環境が進むに連れて、人とネットワーク環境をつなぐインタフェースが必要となるために、誰でもがやさしくネットワーク環境下の機器操作ができるようなインタフェースとしての機能である。もう1つは、留守の間、家の様子を見ることができる移動型カメラ、あるいは、介護の必要な高齢者や病人の様子を見守る移動型カメラとしての機能である。

これらの機能の検証として、以下の3つの技術を開発した。

- ①コミュニケーション技術：音声認識・音声合成技術により人と簡単なコミュニケーションをしたり、画像認識技術により、撮影したカメラ画像中の顔を検出、予め登録されている顔を認識する技術。
- ②通信技術：無線 LAN を介しネットワークに接続、携帯電話・PDA による遠隔操作やカメラで撮影した画像転送を行う。また赤外線リモコンを用いたレガシー家電の操作や、ホームサーバを介し Bluetooth 接続のネットワーク家電と通信・操作する技術。
- ③移動技術：近距離間でユーザのそばへ行く“呼べば来る”。ユーザが連れて行く“付いて来る”、巡回のために“指定された場所に行く”技術。

また、このロボットにはオープンロボットコントローラアーキテクチャを採用しているために高い拡張性を有している。

参考文献

- 1) 松日楽, “生活支援ロボットの設計指針とロボット情報家電の開発”, 設計工学会誌, Vol.39, No.1, pp.13-18, 2003

Table 1 ApriAlpha の仕様



Fig.1 ApriAlpha

基本仕様	大きさ 直径φ350 × 高さ 380 mm、質量 約 9.5 Kg
	目・耳・口 スーム付きCCDカメラ、マイク、スピーカ、TFT液晶モニター
	連続稼働 約 2 時間（高出力リチウム電池）
	補助バッテリーに燃料電池の使用が可能
コミュニケーション機能	声で指示（音声認識）し、話してくれる（音声合成）
	声・音の検知、離れた所から呼びかけに応答（～ 3m）
	顔の検出・距離測定（～ 3m）、顔の認識（約100人対応）
通信機能	無線LAN通信 携帯電話・PDAから遠隔操作、画像転送
	赤外線リモコンで家電操作、ホームサーバ／ネット家電と連携
運動機能	移動速度 0.5 m/s、超音波センサで障害物を回避
	室内地図データ利用、経路自動生成、指定力所を巡回監視

移動ロボット事例紹介(富士重工)

1. エレベーター連動清掃ロボット

エレベーター連動清掃ロボットシステム RFS 1

エレベーターを使ってオフィス内を独力で移動できる 無人ロボットによる清掃システム

- 省人化によるビル清掃コストの低減
- 夜間の自動清掃で清掃作業時の騒音、迷惑が解消
- 拭き残しのない高信頼走行性能
- 現場に合わせて選べる自在な走行パターン
- 機敏な停止・始動で安全性と作業性を両立

清掃時間や場所を設定すると、無人清掃ロボットが格納場所から自動発進し、自車位置を確認しながら自動で床を清掃。さらにエレベーターに設置する光伝送装置と通信し、ドアの開閉を指示しながら各階を移動し、清掃を済ませると、最後は元の格納場所まで戻るシステム。

搭載されたマイコンとセンサにより障害物を検知し、これを回避しながら障害物の裏側まで清掃する自律走行式の清掃ロボットです。また、光ファイバージャイロによる方向検出と車輪からの走行距離検出で、自らの位置を認識しながら走行します。





先進の高機能、状況に柔軟対応

清掃階を任意に選択できます

全ての階の中から清掃を実施する階と、テナントの引っ越しや内装工事等で清掃を実施しない階を、選択スイッチのON/OFFにより任意に設定できます。

途中階からの途中スタートができます

ロボットのスタートは、格納位置からだけでなく、停止させた途中階からも途中スタートできます。

主要諸元	
清掃能力	最大3000㎡/hr
電 源	バッテリー24V
連続作業時間	3時間以上/1充電
走行速度	15、30、50m/min 3段切替
重 量	総重量 : 135kg 本体重量 : 85kg
清掃巾	680mm

※諸元はビル規模等に合わせて設定されます。

2. 無人地雷処理ロボット AV-MSR1

本ロボットは、対人地雷の除去作業に探知・確認はアレイ型地平レーダ、金属探知機等のセンサ技術、除去・処理にはエアハンマー、ハンド等を装備したマニピュレータ等を装備する。これらを搭載し、地雷原の中を進み、荒地、急斜面などを踏破可能なロボットである。

無人地雷処理ロボット 概観/主要諸元

名称	無人地雷処理ロボット		
カスタマ		開発機関	JST（科学技術振興機構） 富士重工業(株) 千葉大学
性能		諸元	概観
寸法	全長	3300 mm	
	全幅	1630 mm	
	全高	1500 mm	
質量	車体質量	1500 kg	
	ペイロード		
性能	最高速	30m/min	
	連続使用時間	2.5 時間	
	登坂性能	30°	
	階段昇降		
	段差昇降		
用途	対人地雷探知・除去・処理		
その他	・不整地を走行（Fig.2） ・2ton 車に積載 ・アフガンの気候の中で確実に作動 ・対人地雷が爆破しても地雷原より生還できる構造		

Fig.1 地雷処理ロボット概観

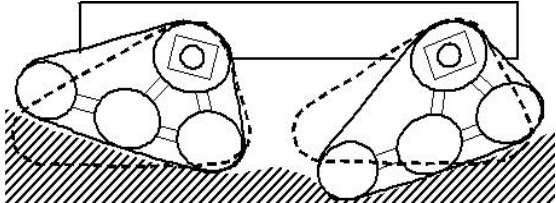


Fig.2 クローラ接地状態

Fig.1 地雷処理ロボット概観

Fig.2 クローラ接地状態

３．放射性汚染除去 水底クリーナロボット AV-AWR1

本ロボットは、原子炉部品保管プール（D／Sピット）の中において、水深１０mまで潜水し、クラッド回収、除染作業を行うロボットのである。ロールブラシ、サクシオンノズル、吸引ポンプを有し、低部に推積しているクラッド、スラッジ等を水中で吸引し、別置のフィルタユニットで回収する。

放射性汚染除去 水底クリーナロボット 概観/主要諸元

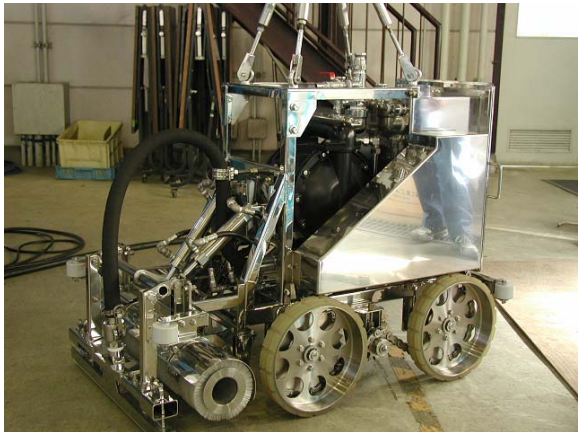
名称	放射性汚染除去 水底クリーナロボット		
カスタマ	(株)アトックス	開発機関	富士重工業(株)
性能		諸元	
寸法	全長	1 1 8 0 m m	
	全幅	7 0 0 m m	
	全高	8 8 5 m m	
質量	車体質量	2 9 0 k g	
	ペイロード		
性能	最高速	1 0 m / m i n	
	連続使用時間		
	登坂性能		
	階段昇降		
	段差昇降	6 0 m m	
用途	・ 原子炉部品保管プール（D／S） の中において、水深１０mまで潜水し、 クラッド回収・除染作業を行う遠隔操作 ロボット		
その他	・ ロールブラシ、サクシオンノズル、 吸引ポンプ、ジョイスティック、 フィルタユニット（別置）付 ・ 耐環境性：水深１０mまでの耐水圧		

図１ 放射性汚染除去水底クリーナロボット

図１ 放射性汚染除去水底クリーナロボット

4. トリチウム除染ロボット

XAV-A2

トリチウムで汚染された原子力施設のデコミショニングや、一次除染のためにオゾンガスを用いた乾式法によるトリチウム汚染を行うロボットの試作機を図に示す。オゾンガス発生器・排ガス吸引口・ヒータ・車輪型走行台車を有する。走行台車としては有線の遠隔操作により、左右の駆動輪の回転数差で操舵を行う。

トリチウム除染ロボット 概観/主要諸元

名称	トリチウム除染ロボット		
カスタマ	株式会社 化研	開発機関	富士重工業株式会社
性能		諸元	概観
寸法	全長	850mm	
	全幅	720mm	
	全高	1050mm	
質量	車体質量	160kg	
	ペイロード		
性能	最高速	10m／min	
	連続使用時間	30 分	
	登坂性能	5°	
用途	トリチウムで汚染された原子力設備のデコミショニング一次除染のためにオゾンガスを用いた乾式法によるトリチウム汚染を行うロボットの試作機。		
その他	車輪型走行台車・オゾンガス発生器・排ガス吸引口・ヒータ付き。		

トリチウム除染ロボット

事例紹介：富士通 MARON-1 （販売元 株式会社 PFU）

富士通のインターネット対応型のホームロボット MARON-1（図 1、表 1）を紹介いたします。MARON-1 は家庭内で日常生活をサポートするような実用面を重視したロボットで、以下のような機能を持っています。

1.携帯電話による遠隔操作機能

「MARON-1」に搭載しているカメラ、赤外線センサなどを携帯電話で操作して、遠隔撮影や家電の操作、およびロボットの移動操作を行うことができます。

2.留守番機能

留守宅への侵入者を検知します。侵入者を検知すると、警告音を出すと同時に、あらかじめ登録した電話に緊急通報します。

3.家電の遠隔操作

赤外線リモコンインタフェースにより、赤外線リモコン対応のエアコン、テレビ、ビデオなどのスイッチ ON/OFF など、家電の遠隔操作を行うことができます。また、指定した時間に登録した動作を実行することができるので、ビデオの予約録画なども可能です。

4.ハンズフリー電話機能

ハンズフリーの電話としてご利用いただけます。頻繁にかける電話番号を登録しておくと、ワンプッシュで電話することができます。

5.カメラによる撮影機能

「MARON-1」に搭載した回転機能付カメラにより画像を撮影し、携帯電話で確認することができます。また、「MARON-1」から送られてくる画像から、移動先の位置を指定することができます。

表 1 MARON-1 の主な仕様

外形寸法 / 重量	32(W) × 32(H) × 36(D)cm / 5.5Kg
可動部	駆動輪×2（左右）、クローラー旋回×1 カメラ駆動×2（パン・チルト）
搭載センサ	カラーCMOS カメラ(640×480 ピクセル)×2 赤外線リモコンインタフェース（受信/発信）×1 近接距離センサ×1、パンパスイッチ×2
ユーザインタフェース	タッチパッド×1、スイッチ×7、4 インチ TFT モニタ×1 マイク×1、スピーカ×1
バッテリー	ニッケル水素（本体内蔵）

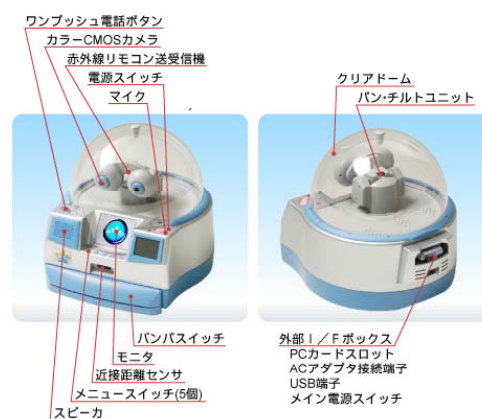


図 1 MARON-1 概観と構成

移動ロボットの開発事例「冷蔵倉庫用無人搬送車、無人フォークリフト」

(株) 前川製作所

本ロボットは冷蔵倉庫用新物流システムプロジェクト（助成機関：(財) 機械システム振興協会、実施期間：平成 11 年 4 月～平成 13 年 3 月末）の一環で開発が行われた。ここでいう冷蔵倉庫とは、従来のような水揚げ品や輸入食品など長期保管するための倉庫ではなく、消費地に近いところで一時保管して、ユーザのオーダーに応じて随時小口出荷でき、しかも 24 時間 365 日連続運用するような、過去に例のない物流倉庫的なものを指している。近年深夜、24 時間営業する量販店が増えるなど流通形態が変化するにつれて、このような「物流型」冷蔵倉庫へのニーズは高まっているものの、これを構築するにあたって、人員の確保が困難、既存の施設を自動倉庫に改造すると収容能力が半減する、などといった問題が起こる。そこで、これらを解決する手段の一つとして、既存の倉庫内でフリーレイアウト、フリーランデブーを実現できる搬送ロボットが開発されるに至った。

両ロボットとも基本的に汎用品（それぞれ積載能力最大 1,000[kg]）を用いているが、-25℃で動作保証され、しかもフリーランデブー・フリーレイアウトに対応する製品が存在しないため、これらの機能に対応できるような改良を行っている。例えば、低温下でのバッテリー使用に不安があったため（性能低下、稼働時間の低下）、低温下での単体バッテリー放充電試験を繰り返して検証を行ったり、またロボットに自動充電機能を実装させた。一方、フリーランデブー・フリーレイアウトに対応するため、電磁誘導、レーザレーダーを適用した新方式のナビゲーション技術を開発した。開発中では、各種センサ（光電スイッチ、超音波センサなど）が霜によるモヤや結露による氷結で誤動作を起こすといった、開発前には予想だになかった問題にも直面したが、センサを通常より強力なタイプに変更したりカバーをつけるなど、細かい対策を随時施していった。1,600 トンの収納能力を持つ冷蔵庫で 48 時間連続運転試験を行ったところ、特に懸念されていたバッテリー



図.低温倉庫内で稼働中の無人搬送ロボット（左手前）および無人フォークリフト（右奥）

の問題も起こらず、低温下での安定稼働が確認され、さらに出庫時間の短縮化(10 分以内)なども実現できた。しかしながら、さらなる結露対策やロボット本体のコストダウンなどが、実用化に向けて今後の課題となっている。

病院内自律搬送ロボット

HOSPI

ロボットが目的地までの経路を自分で判断、X線フィルム、カルテ…等を看護師さんや職員さんに代わって運びます。

病院の搬送業務は多種多様。

病院での搬送業務は、X線フィルムや検体、カルテなども含め、多種にわたります。

松下電工では施工不要で、病院内を自由に移動搬送する「HOSPI(ホスピー)」を新開発。タッチパネルで指示する事により、事前に入力されたロケーション情報をベースに、目的地までの経路を自動で判断し、目的地に向かいます。途中で車椅子などに遭遇しても安全に回避します。これまでの搬送業務をロボットが補うことで、看護師さんや職員さんは本来の業務に集中でき、医療サービスの一層の向上を実現します。



主な特徴

無軌道・無ビーコン自己位置認識

- ・軌道やビーコン(目印)の敷設工事が不要
- ・目的地の変更や追加が容易

インテリジェント障害物回避

レーザーレーダーと超音波センサで点滴棒等の細い障害物も検知し、確実に回避可能

セキュリティ機能

個人認証ロック付収納部(暗証番号)



PHSとLANによる運行監視システム

- ・現在地/状況表示
- ・呼び寄せ機能
- ・防災システムとの連動

多様な応用範囲

収納部を変更することで様々な搬送物に対応可能

(主な対象)薬や検体、細かな医療用具、カルテ、フィルム等



タッチパネル操作

- ・行き先を簡単に指示することが可能
- ・操作者への情報表示
- ・音声合成

人物検出機能(開発中)

- ・人に対しては驚かさないようやさしく回避
- ・姿勢を人に向けて対人サービス

Smart Solutions by NAIS

●仕様

名称	HOSPI(ホスピー)
サイズ	高さ 1305mm × 幅 600mm × 奥行 725mm
質量	約120kg
走行速度	MAX 3.6km/h
段差乗越能力	5mm
可搬重量	20 kg
稼動時間	7時間以上(50%走行・50%待機)・充電8時間
指示方式	タッチ式
障害物回避	レーザーレーダー・超音波センサにより障害物を検知し、回避
搬送セキュリティ	暗証番号(走行開始と同時に扉がロック)
監視システム	PHSや無線LANにより遠隔監視可能
エレベーター搭乗機能	開発中(2003年対応予定)

〔名称〕 ヘルプメイト（㈱安川電機）

〔概要〕 装置内に地図を内蔵し、指示された目的地へ自律的に移動する自走装置である。移動経路内の障害物等をセンシングし衝突を回避することができる。（図１．参照）

〔用途〕 病院内で物を運搬することを主な用途とし、看護師の方を雑務から開放しサポートする。



〔標準仕様〕

図１．外観

寸 法	6 0 0 (W) × 9 4 0 (D) × 1 3 0 0 (H) (mm)
質 量	約 1 3 0 k g (バッテリーを除く)
速 度	6 0 c m / 秒
可搬質量	5 0 k g
電 源	2 4 V 1 1 0 A H 鉛シールドバッテリー
登坂能力	1 0 %

〔特長〕

- ① 自律走行： あらかじめ入力されている建物内の地図をもとに、現在地から目的地までの最適な経路を計画して走行する。走行中はセンサで周囲の環境を認識し、進路上の障害物を避けることができる。
- ② ガイドは不要： 無軌道であるため、導入の際にレール敷設等の工事は不要で、既存の建物にも短期間で導入できる。
- ③ 安全性を考慮： 非接触障害物センサ、接触停止スイッチ、非常停止ボタン等を装備している。
- ④ 用途は多様： バックパック（棚）の変更により薬剤・カルテ・X線フィルム・食事・器具・検体等の様々な物が運搬できる。
- ⑤ 操作が簡単： 液晶ディスプレイの指示に従ってテンキーを押すだけの簡単操作。
- ⑥ 音声でお知らせ： 発進時、到着時、トラブル発生時には音声で知らせる。
- ⑦ 走行法は自在： 片道・往復・巡回の３パターンを装備している。
- ⑧ 24時間可動可能： スペアバッテリーがあれば24時間稼動が可能。
- ⑨ 手動操作可能： ハンドルのスイッチを操作して、手動で移動が可能。
- ⑩ エレベータ対応： リモートコントロールで各階の移動も可能。（オプション）

2.4 移動ロボットの分類と安全上の課題

2.4.1 移動ロボットの分類と位置付け

前述した通り、現在開発あるいは実用化されている移動ロボットは様々な種類があるため、これらの移動ロボットを整理・分類する試みが行われている。例えば、ロボット工学ハンドブックでは、移動ロボットの移動環境に基づく分類では、環境を構成する物質の有無及び相（固体中、液中、気中）により分類し、さらにロボットの固体面移動環境下での拘束形態（面的、線的）により細分している。ロボットハンドブックでは、表 2.4.1 に示すように移動ロボットの移動機構の形態により分類しており、移動機能を整理する上では理解しやすい。

しかし、移動ロボットの安全標準化を検討する場合、安全確保の対象はあくまでも人間であり、それも不特定多数の人間との干渉を考慮する必要があるかもしれない。さらに、ロボットの不具合や障害が原因となって暴走して周囲の人間を脅かすかもしれない。そのため、上記の従来の分類項目に加えて、これらの安全の観点から特徴的な分類項目を選定して、移動ロボットを分類することとした。選定した分類項目とそれらの分類基準は次の通りである。

a) 移動範囲：移動ロボットの動作範囲が三次元空間で自由なのか、二次元に限定される

表 2.4.1 移動ロボットの移動機構形態による分類

移動機構の形態	軌条形	地上走行形		スタッカクレーン AGV（無人搬送車）
		天吊り形		自動クレーン・ホイスト ハンガーコンベヤ（モノレール式等）
	無軌条形	平地用	車輪	AGV 全方向移動車
		自由走行形	車輪	6 輪車
			脚	二足歩行ロボット 多脚ロボット
			クローラ	建設ロボット レスキューロボット
		その他	体幹	ACM（へび形索状能動体）
	登はん形	壁面用		ゴンドラ形ロボット 磁気式点検ロボット
		穴用		パイプ内走行ロボット
		木登り		枝払いロボット
		その他		階段昇降ロボット

- か。限定される場合は軌道上か無軌道か。
- b) 移動環境：水中か、水上か、地中か、地上か、地上の場合は屋内か屋外か。屋内では、産業用途のように工場内か、それ以外の屋内施設内か、あるいは家庭内か。屋外では、道路上か、不整地上か、壁面か。なお、特殊な場合として体内を含めるが、空中や宇宙空間は除外する。
 - c) 対人環境：人間と接触する可能性がないか、接触する可能性がある場合は、特定の人間か、不特定多数の人間か。なお、移動ロボットは使用を想定した動作環境内で動作するものとする。
 - d) 操作・制御：マニュアル操縦モードを持つか、遠隔操縦されるか。また、教示後のプレイバックで自動制御されるか、自律制御されるか。
 - e) マニピュレータの有無：移動機構以外にマニピュレータを有するか。
 - f) 停止形態：通常動作時に停止できないか。停止できる場合は、それが人間による緊急停止によるものか、ロボット自体が危険あるいは異常状態を判断して停止できるものか。
 - g) 移動出力（参考）：具体的アプリケーションあるいは代表的な適用例において、最高走行速度と走行駆動アクチュエータの定格出力。

表 2.4.2 安全の観点による移動ロボットの分類

移動範囲	移動環境			対人環境	操作・制御	マニピュレータの有無	停止形態	アプリケーション名	移動出力
非限定 (3次元移動)	水中			接触可能性なし	マニュアル操縦	あり	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	深海探査ロボット	
					遠隔操縦	なし		放射線除去水底クリーナー	走行速度10m/min(MAX), 走行駆動出力750W
	地中			接触可能性なし	マニュアル操縦	基本的になし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	地中探査ロボット シールドマシン	
					遠隔操縦				
限定 (平面移動：無軌道)	体内			特定の人との干渉あり	遠隔操縦 自律	あり	基本的に止まらない	体内治療マイクロロボット	
					マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	組立作業ロボット（無人工場） 配管内作業ロボット 原子力ロボット	
	地上	屋内	工場内	接触可能性なし	遠隔操縦 自動（要教示） 自律	あり	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	搬送ロボット（ナビゲーション機能付き、無軌道対応）	
					マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	ベットロボット 掃除ロボット 福祉・介助ロボット 病院内搬送ロボット 留守番ロボット	MARON-1: 走行速度 0.4m/s, 走行駆動出力2W, クローラーム先端発生 力50N HOSPI: 走行速度 1m/s (MAX), 走行駆動出力 200W
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）		
					マニュアル操縦	機種・用途による	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）		
		家庭内	特定の人との干渉あり	特定の人との干渉あり	遠隔操縦 自動（要教示） 自律	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	手術ロボット トリチウム除染ロボット	走行速度10m/min(MAX) 走行駆動出力75W
					マニュアル操縦	用途によってある場合もあり	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）		
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
					マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	アミューズメントロボット 警備ロボット 看護ロボット 農業用ロボット（施設栽培用） 掃除ロボット	ALSOX: 走行速度0.5m/s AV-S1: 走行速度0.83m/s 走行駆動出力120W, マニ ピュレーション出力400W （真空モータ）
		屋外	道路上	不特定多数の人との干渉あり	遠隔操縦 自動（要教示） 自律	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	自動車（運転補助機能） ゴルフカート	
					マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	地雷処理ロボット	走行速度30m/min(MAX) 走行駆動出力26PS
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律	あり	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	建設ロボット 農業用ロボット（圃場）	
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律	なし	基本的に停止しない	災害救助ロボット	
		壁面	接触可能性なし	接触可能性なし	マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	ビル掃除ロボット	
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
					マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）		
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
	水上		不特定多数の人との干渉あり	不特定多数の人との干渉あり	マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	漁業用ロボット（水産資源調査、水揚げ、釣り、ほか）	
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
					マニュアル操縦	なし	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）	AGV（マニピュレータ搭載、非搭載） スライダ付産業用ロボット	走行速度1m/s (MAX) 走行駆動出力150W
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
限定 (平面移動：軌道)	地上	屋内	工場内	特定の人との干渉あり	マニュアル操縦	用途によってはあり	人による緊急停止 ロボットが停止（制御、危険・異常時）		
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
					マニュアル操縦	なし			
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
		屋外	道路上	不特定多数の人との干渉あり	マニュアル操縦	なし		清掃ロボット	走行速度50m/min(MAX), 走行駆動出力120W
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律				
					マニュアル操縦	なし		電車（無人運転）	
					遠隔操縦 自動（要教示） 自律			枝打ちロボット	

上記分類基準に従って、現在実用化されているか研究開発中の移動ロボットを分類した結果を表 2.4.2 に示す。各アプリケーション例を見ると、①従来からの産業用ロボットに移動機能を付加したロボット、②マニュアル操縦型の移動機構を自動化・知能化したロボット、③人間（動物）の作業・動作を代替するロボット、④従来にない新しいロボットに大別される。産業用途の移動ロボットが①と②の形が多いのに対して、非産業用途の移動

ロボットは③と④の形が多いことが分かる。

現在の適用事例の多くは、人間と干渉する可能性のある地上の移動環境下で動作する移動ロボットであり、ロボット停止により人間の安全を確保できるものである。一度動作が開始されると、目的の作業を終えるまでは止まらない災害救助ロボットのような特殊な例を除き、ほとんどの移動ロボットは人間の意志で止めることができるか、ロボット自らが危険状態を検知して止まることができる。このような停止機能は、移動ロボットの制御形態によらずに具備されるものであって、自律制御によってより高機能の停止制御が実現される。また、マニピュレータを搭載している移動ロボットはまだ少ないが、今後人間を直接扱うような適用分野で増えることが予想される。

2.4.2 安全上の問題点の抽出と課題

表 2.4.2 に掲げた移動ロボットアプリケーションの内、実用化されているものは、人間との干渉可能性の小さい移動環境下で動作するロボットか、比較的移動出力の小さなロボットである。多くの移動ロボットの実用化を阻害する要因の一つは、人間への干渉に対する安全の保障が確実にできないことにある。特に、不特定多数の人間が存在する環境下で動作する移動ロボットに対しては、人間との接触の問題は最大の懸案となっている。また、安全確保の対称となる人間の立場も様々であり、例えば、特定の人間のみと接触可能性がある場合であっても、工場内のように訓練されて知識も持つ要員（オペレータ等）とは異なり、家庭内では十分な訓練は期待できないために第三者と見なされるような大きな相違がある。

このような移動ロボットによる事故は、今のところ報告はされていないが、移動するという特徴から挟まれ、激突、転落などの事故の形態が想定される。すなわち、移動ロボットの安全防護としては、ロボット本体の移動あるいはマニピュレータの動作に対して人間との接触を防止するか、過大な力や衝撃の伝達を防止するか、あるいはロボットの転倒によって搭乗者が転落したり下敷きになることを防止することが優先される。そのため、製造業で使用されている産業用ロボットの安全技術をそのまま移動ロボットへ転用する試みがあるが、現状ではまだ不十分であり、また、現状の産業用ロボットの技術範疇を超える能力が要求されるにもかかわらず、それらの技術が十分活用できるレベルまでは至っていない。特に、不特定多数の人間が共存する作業環境で移動するロボットが、人に対する安全を確実に確保する安全技術が保証されない限り、このような移動ロボットの普及は難しいと考えられている。

そこで、重要な安全技術として接触防止用と転倒防止用の安全防護手段を取り上げ、現状利用されている装置や開発されている装置について検討を行った。

表 2.4.3 は安全防護の目的別に安全防護手段（保護装置）を分類して、実用性と安全性のレベルを考察したものである。接触防止のためには、先ず移動ロボットが人間に近接す

る前にその存在を検知して、ロボット側は回避や減速を行うとともに人間へ警告を与える。それでも人間とロボットが近接する場合は、人間のロボットへの接触を検知して最終的にロボットを停止させて事故を防止する。一方、転倒防止のためには、先ずロボットの走行路面が正常でないとき、すなわち障害物が存在したり路面が平坦でなければロボットは回避する。もし、ロボットが傾いてしまったら、転倒する前にそれを検知して、ロボットを最終的に停止させることで事故を防止する。なお、速度監視は、ロボットが減速して人間に接触するときの低速度が過大にならないことを確認するためである。

各々の安全防護手段については、実際に移動ロボットに適用する場合の実用性が高い場合を○、やや高い場合を△で示し、実用性が低い安全防護手段については割愛した。また、現行の安全防護手段を高安全性能化あるいはフェールセーフ化して、今後安全水準を向上できる可能性のあるものを○、可能性はあるが技術的に困難と思われるものを△で示した。

実用性の高い装置の内、対象物に超音波や光線をアクティブに照射して、その反射波を捉える反射式のセンサは、多くの種類が普及しているが、人間の存在を危険信号として通報する構造上、常に正常に機能していることの確認が必須である。しかし、市販の反射式センサは、特殊なレーザー型を除きそのような正常性確認機能を持つものはないため、センサを多重化したり人間に反射テープ付きの服を着せたりして検知信頼性を向上させることが試みられる。ただし、検知感度を上げたり、検知判断を安全側にとりすぎると、ロボットは頻繁に停止して稼働率低下が危惧される。

また、ロボットから発信される電波等を人間側のヘルメットや服に装着された受信器で受信し、さらにロボット側へ返信するというトランスポンダ式は、受信／返信器を持つ人間の位置把握が可能のため、機能的なロボットの停止制御と常時通信による正常性確認の実現が期待される。しかし、受信／返信器を持たない人間には無関係であるし、受信／返信器の配布や回収等の管理も問題となる。

接触検知手段は、通常の AGV には多く装備されているが、マニピュレータ全体をバンパで全てカバーすることは現実的でなく、また、作業対象への接触自体が避けられないことがその理由と推測される。しかし、ロボットの移動機構にはバンパが実用的であり、正常性が確認できれば極めて有効な手段である。ただし、バンパが人間に接触するときは低速でなければならず、なおかつ、バンパには緩衝性も要求される。

カメラ等を用いて画像処理を行って人間や障害物を識別し、あるいは路面状況を把握する方法は、早期の警告目的には有効と考えられるが、コストがかかり、安全防護手段の目安であるロボット本体価格の 1 割以下の実現は難しい。

表 2.4.3 移動ロボットに適用される安全防護手段の分類

安全防護の目的	安全防護の機能	安全防護手段	問題点	実用性	高安全性能化の可能性
存在検知	進行／動作方向前方の人を非接触に検知し、ロボットを回避、減速、あるいは停止させる	反射式超音波センサ	風の影響を受け易い	○	○
		反射式光線センサ（赤外線、レーザー）	反射面形状や反射率による変化が大きい	○	△
		焦電センサ	外光、温度の影響を受ける	△	△
		静電誘導式センサ	環境変化に対応できない	△	△
		トランスポンダ方式（電波、赤外線、超音波、データキャリア）	受信機を持たない第三者の検知ができない	○	○
		マイクロ波センサ	検知範囲が限定される	△	△
		画像処理（カメラ）	応答性に限界があり高価	△	△
接触検知	進行／動作中に人との接触を検知し、ロボットを回避あるいは停止させる	バンパ（テープスイッチ、リミットスイッチ）	断線や接触不良により検知できない恐れがある	○	△
		バンパ（感圧ゴム、磁歪式センサ）	スイッチ式に比べて高価	○	○
		タッチスイッチ（接点式）	接触検知箇所が限定される	○	△
		荷重・圧力センサ（ゲージ式、磁歪式、マグネセル式）	接触判定に作業環境の影響を受け易い	△	○
		加速度（振動）センサ	衝突検知のみで高価	△	△
走行路確認	走行路面の不整、段差を早期に検出し、ロボットを回避させる。	測距センサ（超音波、赤外線、レーザー）	環境変化を受け易い	△	△
		画像処理（カメラ）	高価	△	△
傾斜検知	ロボットの水平状態か過大な傾斜を検知し、ロボットを回避あるいは停止させる	傾斜スイッチ（接点式、液面式）	精度、応答性ともに低い	○	△
		傾斜センサ（容量式）	スイッチに比べて高価	○	○
		ジャイロ	高価	△	△
速度監視	状況に応じた適切なロボット移動速度を監視する	エンコーダ、レゾルバ、タコジェネレータ	極低速時の速度判定が困難	○	△
		回転センサ（フォトセンサ、近接センサ式）	極低速時の速度判定が困難	○	△

一方、転倒防止のための傾斜センサも有効ではあるが、転倒しない機構でない限り、早期の正しい傾きの判断と正常性の確認が求められる。ただし、現状のものはそれらの要件を満たしているとは言い難い。

なお、表 2.4.3 には記載していないが、移動ロボットがマニピュレータを持つ場合は、

過大な力（トルク）出力や衝撃力の検知という安全防護の目的が加わることになる。具体的な保護装置としては、荷重（トルク）センサや加速度センサ、モータ電流モニタ等の物理量の監視手段とトルクリミッタやクラッチ・ブレーキ等の力（トルク）伝達の遮断あるいは緩和手段が組み合わされて利用される。

以上の移動ロボットに適用可能な安全防護手段の要件をまとめると、人体と他の障害物や構造物を識別して人体のみ検知でき、人間側に依存せず、耐環境性や応答に優れ、低コストであることが求められる。さらに重要な点は、危険検出時には速やかにロボットに検知出力を伝達するとともに、それ自体の正常性を常時確認して、確認できないときは危険検出と同様の挙動を保証する仕組みが基本的に必要である。それが実現できない場合は、検出信頼度を上げる工夫を施すとともに、人間側、システム側（ハードウェア、ソフトウェアの自己診断処理等）の連携を積極的に活用することが望ましい。あるいは、安全防護を適用する前に、本質安全設計の可能性を探るべきである。

2.5 移動ロボットのリスクアセスメント

2.5.1 危険源の抽出

固定式の産業用ロボットと人間が近接するのは、教示等の特別な場合であり、このような作業の際は事故防止のために多くの対策や安全要求事項が規定されている。しかし、移動ロボットにこれらを厳格に適用しようとするれば、移動機能自体を阻害することになりかねない。そのための拠となる移動型ロボットに関する基準や規格は現在のところなく、単に移動する機械の安全規格としては、無人搬送車システムに関する安全通則（JIS D 6802）や半導体製造用無人搬送台車に対する安全ガイドライン（SEMI S17-0701）が発行されているが、これらも設計上の安全性能要件については十分言及されていない。

現在の機械の国際基本安全規格類の考え方を踏襲すると、対象機械に個別対応する安全規格がなくとも、リスクアセスメントに基づくリスク低減プロセス（安全設計手順）が適用されねばならない。図2.5.1に示すように、機械設計の一般通則規格（ISO 12100-1）によれば、設計者がリスク低減プロセスを行ってもなお残るリスクを使用者へ通知することでプロセスは終了する。ただし、本来は、使用者にとって受容可能なリスクレベル以下になるまで **state-of-the-art** の安全方策を適用しなければならない。つまり、そこまで周知な準備を実施した上で、結果として起こる事故は受容するという前提があり、決して事故の責任を曖昧にしようとするのではなく、安全の責任を果たすための共通の方法を社会的に認めるという考えがあると思われる。

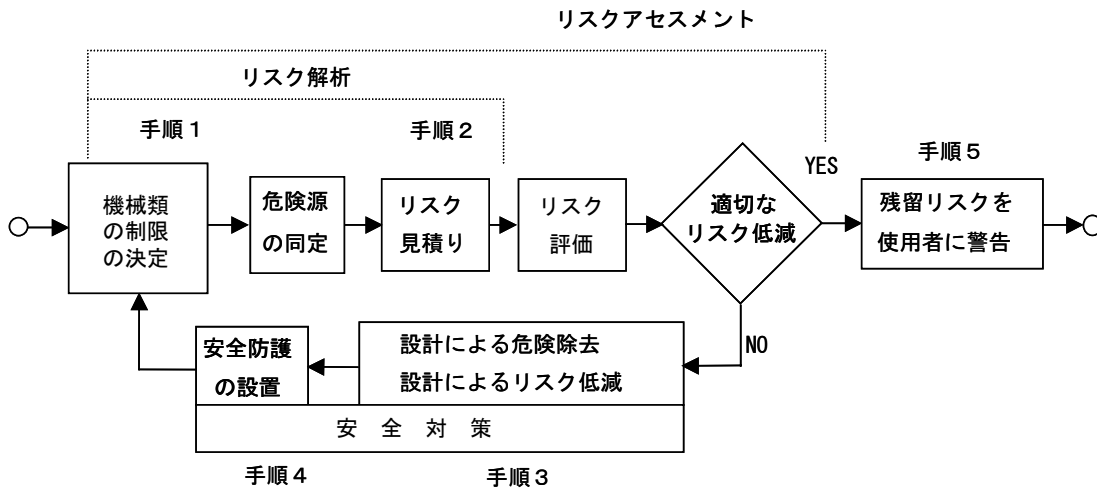


図 2.5.1 機械安全規格（ISO 12100-1）におけるリスク低減プロセス

ロボットが自由に移動できる場合には、人間とロボットが接近・接触する状況は必ず考慮しなければならない。どんなに対策を講じて、柵の中の産業用ロボットと同等の安全保障は不可能であり、このような移動ロボットを動作させる以上、残存するリスクに対して、利益を享受する使用者が許容できるか改めて検討が必要である。現実には、個々の使用者の判断を仰ぐことは手術ロボットのような特別な場合以外は困難であるため、リスクアセッサによる適切なリスク低減に対する合理的、社会的な判断の基に、設計者はリスク低減に基づく安全設計の手順を実施しなければならない。

移動ロボットの安全設計はリスクアセスメントから始まり、図2.5.1に示す機械のリスクアセスメントの実施手順に従い、本来、独立したリスクアセッサがその役割を担う。特に、移動ロボットとそのタスクに対する危険源を抽出、同定する作業の確度と緻密さが、以降の危険度レベル、安全防護手段の選定に影響するため、危険源の同定は安全設計の要とも言える極めて重要な作業である。

危険源を同定するには、過去のデータや経験、資料を参考にして同一のものを探し出す作業を行う。ISO 14121 では、同定作業を補助するためのリストが準備されており、37項目に及ぶ危険源、危険状態、危険事象の事例が示されている。それらをまとめると、機械設備に潜在する危険源は次の通りである。

- (1)機械的危険源
- (2)電氣的危険源
- (3)熱的危険源
- (4)騒音による危険源
- (5)振動による危険源

- (6)各種放射による危険源
- (7)使用材料／物質による危険源
- (8)人間工学を無視することによる危険源
- (9)危険源の組み合わせ
- (10)制御システム等の不調から生じる危険源
- (11)個別機械で考えられる危険源
- (12)機械が移動するために追加して考察すべき危険源
- (13)機械に持ち上げ作業が伴う場合に追加して考察すべき危険源
- (14)地下作業を伴う場合に追加して考察すべき危険源
- (15)人の移動を伴う場合に追加して考察すべき危険源

これらの内、(8)はヒューマンエラー等による危険源を含んでいる点が興味深い。

以上の危険源分類を基に移動ロボットが該当する具体的項目を挙げて、それらを再編成して危険源の抽出を試みた。本来、危険源の同定作業は移動ロボットの個別のタスク毎に行われるべきものであるが、ここでは、表 2-4-2 で例示した移動ロボットアプリケーションで該当する危険源を全て網羅してタスクと関連付けることにした。また、危険源の項目のみでは抽象的表現となりがちなため、次の項目による説明を加えた。

- a) 危険源の内容：具体的な危険源の説明であり、場合によっては危険状態あるいは危険事象
- b) 関連する危険源：該当する危険状態を誘起する状態あるいは事象、又は間接要因
- c) 関連する作業：該当する危険状態を誘起するタスク
- d) 関連する危険区域：該当する危険状態を生じる区域、空間
- e) 対象者：危険源に晒される人間の立場（要員はオペレータと保守・サービス員、協調作業者、ロボット周辺の関連作業者を含む。第三者は通行人、家族、知人等であり、要員とは区別する。また、特別な場合として手術を受けたり介護される立場の受益者を考える。）

表 2.5.1 は、2.3.2 で述べた移動ロボットの各事例について想定される危険源をまとめて、説明を加えたものである。これは全 17 項目の危険源が挙げられているが、移動に伴う人間との物理的干渉という点から機械的危険源が多数を占めている。

表 2.5.1 移動ロボットの危険源リスト

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
1. 機械的危険源の基本形態					
押しつぶし危険源	移動機構と壁間での身体押しつぶし	移動機構の停止動作（停止不能・遅延） 移動機構の作動（暴走）	移動機構の清掃・保守 移動ロボットの走行領域での作業	移動機構周辺 移動ロボットの走行領域	保守・サービス員 受益者（医療用） オペレータ 協調業者
	移動機構に轢かれる、踏まれる	移動機構の作動（自律移動、追従移動）	移動ロボットの走行領域での作業 オペレータに追従移動	移動機構周辺	作業員、保守・サービス員、オペレータ、通行人
	本体が転倒して身体押しつぶし	不整地、急傾斜等移動時、またはワークのオフセット、過積載	移動機構のトラブル処理、通行、ワークの受け渡し、積載作業	本体周辺	保守・サービス員、協調業者、通行人
	落下したワークと床での身体押しつぶし	ワークを保持したままの移動、ワークの位置ずれ	移動機構のトラブル処理、通行	ワーク周辺	保守・サービス員、通行人
	ロボット（アームも含む）と壁間での身体への押しつぶし、指など、（幼児も対象に含める）	移動機構の停止動作（停止不能・遅延） 移動機構の作動（暴走）	ロボットの移動動作時 ロボット走行時 ロボットの動作領域での作業	ロボット外周部周辺 ロボットの走行領域 本体周辺	家族・知人 オペレータ 保守・サービス員

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
	ロボットが転倒して 身体押しつぶし	不整地、急傾斜等移動 時の暴走 取扱不徹底による第 三者の本体への寄り かかり	ロボット走行時・待機 時	ロボット周辺	通行人・オペレータ・ 保守・サービス員
	アーム屈曲部に指を 挟まれ押しつぶし	アーム屈曲動作	アームの教示・保守・ 調整・遠隔操作・自律 移動	アーム可動範囲	協調作業者、オペレー タ 保守・サービス員、
	ロボット本体と壁間 での 身体押しつぶし	移動機構の停止動作 (停止不能・遅延) 移動機構の作動（暴 走）	清掃ロボットの走行 領域での作業	清掃ロボットの走行 領域	オペレータ、通行人
	駆動輪、キャスタが回 転して身体押しつぶ し	不整地、急傾斜等移動 時、 移動機構の作動（暴 走）	移動機構のトラブル 処理	本体周辺	保守・サービス員
	下降した清掃装置と 床での身体押しつぶ し	清掃装置の作動（暴 走）	清掃装置のトラブル 処理	本体周辺	保守・サービス員
	バッテリーと床での 身体押しつぶし	バッテリーロボット 本体からの落下	バッテリー交換作業	本体周辺	保守・サービス員
	ワーク角が手の甲へ 落下	ワークの落下	アームからワークの 受け取り	アーム可動範囲	協調作業者
	アーム屈曲部に指を 挟まれ切断	アーム屈曲動作	アームの教示・保守・ 調整・遠隔操作・自律 運動	アーム可動範囲	保守・サービス員、オ ペレータ 協調作業者
切断又は切傷危険源					

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
巻き込み危険源	ハンドの鋭利部	ハンドへの接触	移動ロボットの動作領域での作業	本体周辺	保守・サービス員 オペレータ
	開口部に指を入れ切傷	不適切な開口寸法、構造不良	ロボットの待機・清掃・保守時	ロボット周辺	通行人 オペレータ 保守・サービス員
	回転・駆動機構部に指を挟まれ切断	回転・駆動機構部の動作	ロボット走行時	回転駆動機構部周辺	通行人 オペレータ 保守・サービス員
	屈曲アームの身体巻き込み	アーム屈曲部の多数同時停止動作(停止不能・遅延)	アームの教示中 移動機構の清掃・保守	アーム可動範囲	オペレータ、 保守・サービス員
	台車旋回時に内輪差による巻き込み	台車上の機器、アームの姿勢	移動ロボットの動作領域での作業 通行	本体周辺	保守・サービス員 オペレータ 通行人
	クローラベルトの身体巻き込み	クローラベルトの停止動作(停止不能・遅延)	アーム保守・調整・遠隔操作・自律移動	ベルト暴露周辺 アーム可動範囲	保守・サービス員、オペレータ、 協調作業者
	回転ブラシの身体巻き込み	回転ブラシの停止動作(停止不能・遅延)	清掃装置のトラブル処理 (異物除去等)	清掃装置周辺	保守・サービス員
	移動機構の車軸に作業着が引き込まれ	車軸の回転(停止不能・遅延) 危険域への接近	移動機構の保守・調整 別作業に従事	移動機構の車輪周辺	保守・サービス員 協調作業者
	引き込み、捕捉危険源				

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
	走行中のロボット本体の一部に引っかけられる	危険域への接近、アーム姿勢 不適切な作業衣服、本体構造	移動ロボットの走行領域での作業	移動ロボットの走行領域	保守・サービス員、オペレータ、作業者
引き込み、トラップング 危険源	走行中の移動ロボットの アームに引っかけられる	走行中のアーム姿勢	移動ロボットの走行領域での作業	移動ロボットの走行領域	保守・サービス員 オペレータ
	クローラベルトの身体巻き込み	クローラベルトの停止動作（停止不能・遅延）	アームの保守・調整・遠隔操作・自律移動	ベルト暴路周辺 アーム可動範囲	保守・サービス員 オペレータ 協調作業者
	駆動輪、ギヤスタの車軸に作業着が引き込まれる	車軸の回転（停止不能・遅延）	移動機構の保守・調整	清掃ロボットの車輪周辺	保守・サービス員
	移動機構の車軸に物が引き込まれる	不適切な衣服着用 ロボット走行領域内での不適切な物品の放置 危険域への接近	ロボット走行時 別作業に従事	移動機構の車輪周辺	保守・サービス員 オペレータ 作業者 通行人

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
衝突危険源	移動機構と身体との衝突（正面、追突） （幼児も対象に含める）	移動機構の停止動作（停止不能・遅延） 移動機構の暴走（制御機構の不備） 人間検出のためのセンサの不具合 第三者の不意な飛び出し	移動機構の保守・調整・トラブル処理 遠隔操作、自律移動中 オペレータへの追従移動 ロボット周囲での労働	移動機構周辺	保守・サービス員 オペレータ 保守・サービス員
	本体が転倒して身体との衝突	不整地、急傾斜等移動時またはワークのオフセット、過積載	移動機構の保守・調整・トラブル処理、通行、ワーク受け渡し、遠隔操作	本体周辺	保守・サービス員、協 調業者、通行人
突き刺し、突き通し危険源	移動機構フレームのバリが手に刺さる	移動機構（バリ）の停止動作（停止不能・遅延）	移動機構の清掃・保守 遠隔操作、自律移動中	移動機構周辺	保守・サービス員 家族・知人
こすれ、擦りむき危険源	身体の一部が本体に引っかかる	不適當な本体構造	保守作業、ロボット近辺での別の作業	本体周辺	協調業者、保守・サービス員、オペレータ、通行人
	ワークやバッテリーが手から滑る	ワークやバッテリーの落下	ワーク受け取り作業 バッテリー交換	アーム可動範囲	
高圧流体の注入、噴出危険源	エアハンドのチューブより圧縮空気を目に浴びる	エアハンド動作中のチューブ外れ	ハンド開閉ストローク調整	ハンド周辺 バッテリー周辺	オペレータ
2. 以下の事象による電氣的危険源					
充電部と人の接触（直接的接触）	充電部に手が触れて感電	通電状態のモータドライバコネクタの充電	通電状態の電気配線作業	移動機構内部の電気部周辺	保守・サービス員 家族・知人

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
		電部露出 自動充電端子の露出	バッテリー充電状態の チェック	移動ロボットの充電 用端子	
欠陥状態の充電部と 人の接触	充電部に手が触れて 感電	通電状態のバッテリー ケーブルの漏電（露 出）	通電状態の電気配線 作業	移動機構内部の電気 部周辺	保守・サービス員 家族・知人
高電圧充電部への接 近	充電部に手が触れて 感電	通電状態の充電端子 の露出	通電状態の清掃・保守 作業	充電器の充電端子周 辺	保守・サービス員 家族・知人
3. 熱的危険源					
火災又は爆発による 燃焼、放射によるやけ ど	ロボットまたはワー クの長時間接触によ る低温やけど	移動機構の動作 ロボット稼働時 高温ワークの露出	ロボットの教示・保 守・調整 走行・待機中	ロボット周囲	オペレータ 保守・サービス員 家族・知人
高温作業環境、低温作 業環境による健康障 害	冷凍倉庫内での凍傷	冷凍倉庫内での故障 停止 倉庫内への進入	移動機構の修理	移動機構周辺	保守・サービス員
4. 騒音により発生する危険源					
聴覚障害、他の生理学 的疾患	超音波センサの高音 圧レベルによる一時 難聴	超音波センサの高出 力	センサ調整 音量調整	センサ直近 スピーカ直近	保守・サービス員 家族・知人
会話交流や音響的信 号等の妨害	騒音による警報の不 達	移動機構不調による 騒音	自動走行中、待機中	移動機構周辺	通行人、オペレータ 家族・知人
5. 振動により発生する危険源					
全身振動、特に良くな	走行振動による生理	床面伝播する走行振	自動走行中	移動機構周辺	通行人、オペレータ

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
い姿勢と組み合わせた場合	的の不調	動			家族・知人 保守・サービスマン
6. 放射により発生する危険源					
低周波、無線周波放射、マイクロ波	左記利用センサの分解	分解中の被曝	センサの調整	センサ直近	保守・サービスマン
レーザー光線	レーザーキヤン型障害物センサを覗き込み、目に傷害	クラス1以上のレーザー発光	障害物センサの調整	障害物センサ直近	保守・サービスマン 通行人、オペレータ
7. 機械類又はその材料や、処理材料により発生する危険源					
有害な液体、気体、ミストの接触、吸収	ワーク（有害物質）の露出、飛散による有害物質との接触、吸引による障害	有害物質運搬中での事故（転倒、衝突など）容器破損による露出	運搬作業	本体周辺（有害物質到達範囲）	オペレータ、 保守・サービスマン、 通行人 協調業者
	飛散したバッテリー液の接触、吸引による障害	バッテリー転倒	移動ロボット保守 バッテリー充電時	本体（バッテリー）周辺	保守・サービスマン 通行人
火災又は爆発危険源	ロボット内部の有害物質（バッテリーの鉛、カドミウムなど）が発火・飛散	移動機構作動、ロボットパワーオン状態	ロボットの近在を通行・作業中	本体周辺（有害物質到達範囲）	オペレータ、保守・サービスマン、通行人、協調業者
	制御機器の回路ショートによる火災	電気回路の過電流、ショート、漏電	ロボットの保守・調整	電気系統周辺	オペレータ、保守・サービスマン
	制御機器の爆発による部品の飛散	電気回路の過電流、ショート、漏電	ロボットの保守・調整	本体周辺（飛散物到達範囲）	オペレータ、保守・サービスマン、通行人、協調業者

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
	充電端子部ショートによる火災	充電部の劣化、マイグレーション、ショート	全ての作業時	充電部	調作業業者
生物学的又は微生物学的危険源	病原菌（不良ワークとそれを積載後の本体）との接触	細菌汚染されたワークを積載、洗浄不足 オイルミスト汚染	ロボット稼働 ロボットの保守、調整	本体周辺（病原菌やミスト到達範囲）	保守・サービス員、通行人、オペレータ
8. 人間工学原則の無視設計による危険源					
健康的でない無理な姿勢	運転操作位置あるいはワーク受け渡し時の不自然な姿勢	ワーク受け渡し時の身の回りだし等	保守、調整、設定、清掃 ワーク受け渡し 待機中	操作装置 本体周辺、アーム可動範囲	オペレータ、保守・サービス員、協調作業業者
手足の解剖学的配慮の不足	スイッチ、ハンドル操作方法的非人間工学的設計	操作不能、誤操作、操作速度や異常時の対応の遅れ 疲労	監視、調整、設定、待機中	操作装置 本体周辺	オペレータ、保守・サービス員、協調作業業者
保護具使用の無視	激突、挟まれ、墜落、飛来落下物、劇毒物等の危険物、酸欠、汚染空気、感電、高気圧環境等の災害の危険	ワークの取り扱い、取り落とし、つかみ損ね 危険物の取り扱い 有害な作業環境 高気圧環境	保守、調整、設定、点検、清掃時、その他の作業、待機中	本体周辺、アーム可動範囲 作業場所全域	オペレータ、保守・サービス員、協調作業業者
局所照明の不足	必要照度設備の欠如 ストレス・疲労	操作不能、誤操作 見逃し	保守、調整、設定、点検、清掃時、その他の作業、待機中	本体周辺、アーム可動範囲	オペレータ、保守・サービス員
精神的過負荷、ストレス	作業者の疲労の蓄積、作業量の過大な要求	集中力の散漫 監視等管理の不徹底	保守、調整、設定、待機中	本体周辺 作業場所全域	オペレータ、保守・サービス員、協調作業業者
ヒューマンエラー、人	慣れ、短絡、近道行為、	全ての作業における	保守、調整、設定、点	本体周辺	オペレータ、保守・サ

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
間行動	記憶違い、思いこみ、手抜き行為、注意力散漫、肉体的・精神的疲労、あせり、急ぎ、無知、教育不足等意図しない操作による不意の起動	共通的不安全状態、危険状態	検、その他の作業、待機中	作業場所全域	ービス員、協調作業者 家族・知人
9. 危険源の組み合わせ					
危険源の組み合わせ	突然の障害物検知による急停止の衝撃で積載物が落下	移動機構の停止動作 不安定積載	自動運転	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業者
10. 以下の事象から生じる不意起動、不意のオーバーラン／オーバースピード					
制御システムの故障／不調	予期しない起動、オーバーランによる機械的危険	移動機構の起動、暴走 ワーク脱落	保守、調整、設定、点検 トラブル処理、自動運転遠隔操作、自律移動	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オペレータ、協調作業者 家族・知人
中断後のエネルギー供給の復旧	エネルギー供給復旧で自動的に移動機構の原点復帰開始、予期しない起動	移動機構の起動、暴走	移動機構の保守、調整、点検、待機中 トラブル処理	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オペレータ、協調作業者 家族・知人
電気装置に対する外的影響	外部からの電磁波等による電気回路の誤動作、破損による予期しない起動	移動機構の起動、暴走	通電状態の保守、調整、設定、点検、トラブル処理、待機中	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オペレータ、協調作業者 家族・知人
その他の外的影響	地震により勾配路上	移動機構の起動、暴走	保守、調整、設定、点	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オ

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
(重力、風など)	から予期しない起動		検 待機中		オペレータ、家族・知人、 協調作業者
ソフトウェアのエラー	予期しない起動、オーバーラン	移動機構またはアームの起動、暴走、ワーク脱落、IT 家電誤操作	保守、調整、設定、点検 トラブル処理 自動運転、待機中	移動ロボット周辺 IT 家電	保守・サービス員、オペレータ、通行人、協調作業者 家族・知人
オペレータによるエラー	ブレーキの不用意な解除による予期しないアーム落下	不用意なブレーキ解除操作	保守、調整、点検	アーム可動範囲	保守・サービス員、オペレータ、協調作業者 家族・知人
	外部通信による遠隔操作	IT 家電誤操作	通信による遠隔操作	IT 家電	
11. 一つまたは複数の危険源から					
機械停止不可能	サーボドライバ故障によりアームが暴走し、機械的制限装置破壊	アームの暴走 装置の強度不足、取り付け不良	教示、自動運転 遠隔操作、自律移動	アーム可動範囲	保守・サービス員、オペレータ、協調作業者 家族・知人
動力供給の障害	「中断後のエネルギー供給の復旧」に同じ				
制御回路の障害	「制御システムの故障／不調」に同じ				
取り付けの誤り	モータの誤配線による逆転	モータの誤配線・確認不足	調整、修理	移動ロボット周辺	保守・サービス員
運転中の破壊	未熟で不適切な誘導により移動ロボット自身を破壊	誘導操作 誤操作	誘導操作(自動、遠隔)保守 遠隔操作、自律移動	移動ロボット周辺	オペレータ、協調作業者 保守・サービス員 家族・知人

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
物または液体の落下、排出	ワーク破損による内容液の走行路への落下	ワーク破損	自動運転 遠隔操作、自律移動	移動ロボット走行領域	オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者
	ワーク移載中の非常停止操作による本体からのワーク投げ出し	過積載をはじめとした不適切なワーク積載	自動運転	移動ロボット走行領域	オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者
安定性の欠如／機械の転倒	地震による転倒、障害物乗り上げによる転倒 階段から落下	地震に対する耐震設計不備、障害物回避失敗 検知不良、動作遅れ	保守、調整、設定、点検 自動運転 遠隔操作、自律移動	移動ロボット周辺 階段周辺	保守・サービス員、オペレータ、通行人、家族・知人、協調作業 者
すべり、つまずき、転落	走行路面が濡れていることによるすべる 本体上からの落下	接近警告不備、路面の濡れ 想定外使用	保守、調整、設定、点検 自動運転 遠隔操作、自律移動	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オペレータ、通行人、家族・知人、協調作業 者
12. 移動機能関連					
運転位置に運転者不在での動作	オペレータ操作なしでの不意起動	再起動インタロック不備、ブレーキ不良	教示、設定 自動運転、遠隔操作 自律移動	移動ロボット周辺	保守・サービス員、オペレータ、協調作業 者 家族・知人
動作時の過大振動	不整路走行による過大振動で安定性欠如	移動機構の減速しない走行、不整路	自動運転、遠隔操作 自律移動	移動ロボット走行領域	保守・サービス員、オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
機械の減速能力、停止能力及び保持能力の不足	ブレーキの能力不足でオーバーラン	ブレーキ仕様の不適切、不良	自動運転、遠隔操作 自律移動	移動ロボット走行領域	保守・サービスマン、オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者
13. 作業位置との関連					
作業位置危険源:車輪接触、物体落下、物体貫通、回転体破壊	移動機構保守中のアームとの接触危険	保守領域とアーム可動範囲との重複	保守、調整、点検	移動ロボット周辺とアーム可動範囲	保守・サービスマン 家族・知人、協調作業 者
作業位置からの視界欠如	移動機構保守中にその背後の死角に他ロボット、周辺機器が存在	死角にある他機器	保守、調整、点検	移動ロボット周辺	保守・サービスマン 家族・知人、協調作業 者
避難手段／退避手段の不足	暴走時の待避スペースの不足	移動機能の暴走、走行領域の未整備	保守、調整、設定、点検 自動運転 遠隔操作、自律移動	移動ロボット周辺	保守・サービスマン、オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者
14. 制御システムによるもの					
制御装置／操作装置の不適正な位置	移動機構上の非常停止ボタンの高所あるいは低所への設置	非常停止ボタンの不適切な位置への設置 移動機構の暴走	教示、保守、調整、点検 自動運転、遠隔操作	移動ロボット(非常停止ボタン) 周辺	保守・サービスマン、オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者
作業モード及び／または制御装置の作用モードの不適正な設計	移動機構の障害物検出機能の人間との識別能力不足	人間と障害物の識別による移動機能の切り替え不適切	教示、設定、自動運転、遠隔操作	移動ロボット周辺	オペレータ、通行人 家族・知人、協調作業 者

危険源	危険源の内容	関連する危険状態	関連する作業	関連する危険区域	対象者
15. 機械の取り扱いから起こるもの(安定性の欠如)					
ワーク積載部分	乗用運転	ロボット本来の用途を逸脱した利用	ロボット運転	移動ロボット本体	オペレータ
16. 動力源及び動力伝達によるもの					
エンジン及びバッテリーによる危険源	「有害な液体、気体、ミストの接触、吸収」および「火災又は爆発危険源」のバッテリーの項に同じ				
17. ワークの危険源及び危険事象					
過大ワーク重量・転倒・モーメント超過等によって生じるワークの落下、衝突、機械の転倒	ワークの無理な積載	過積載	ロボット稼働時	移動ロボット周辺	オペレータ、通行人
安定性の欠如によって生じるワークの落下、衝突、機械の転倒	「物または液体の落下、排出」に同じ				

2.5.2 危険要因の分析

表 2.5.1 について、主にロボットの移動機構とマニピュレータの機械的危険源にのみ着目して抽出すると、およそ以下の通りである。

- (1)移動機構またはマニピュレータとの衝突
- (2)移動機構またはマニピュレータによる挟まれ、巻き込まれ
- (3)鋭利なエッジやギア等の露出（接触形状）
- (4)減速、停止、保持能力の不足
- (5)パワーの消失と変化
- (6)エネルギー源
- (7)蓄積エネルギー（ポテンシャル、運動）
- (8)要素の機能不良（破損、緩み等）
- (9)転倒、落下

これらの危険源の内、(1)と(2)に着目すると、移動ロボットの動作そのものが危険源であ

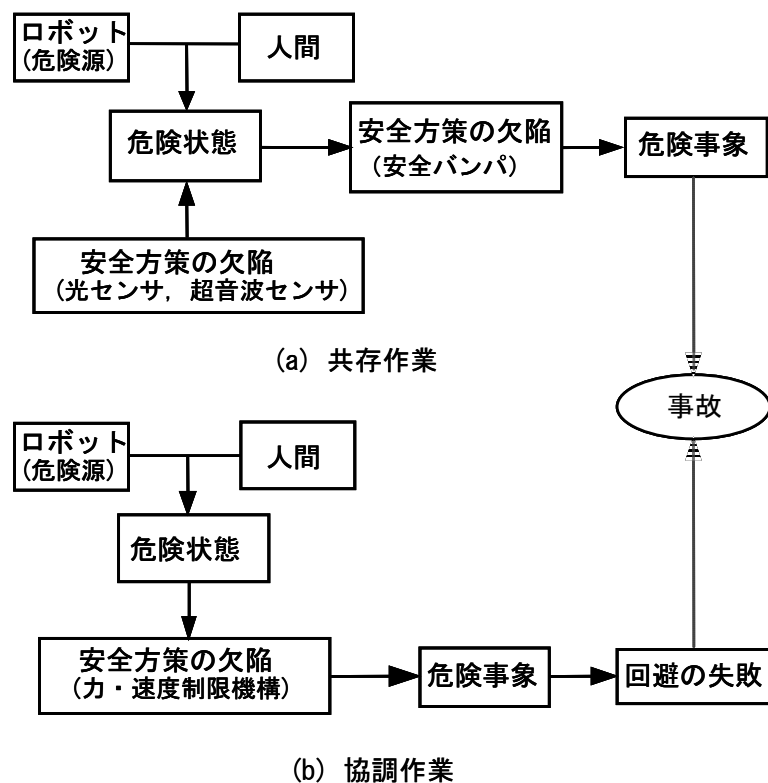


図 2.5.2 移動ロボットと人間との共同作業形態と危険プロセス

り、これに人間が晒されると危険状態に陥り、危険事象の発現を経て事故に至ることになる。ただし、このような経過の中で安全方策（防護手段）の役割がタスクによって変わるため、安全方策の振る舞いが危険要因の重要な要素となる。そこで、タスクを「共存作業」と「協調作業」とに分け、前者を移動ロボットが人間の存在環境下で人間と干渉せずに移動する作業とし、後者を人間と協調して動作して接触を前提とする作業とすると、図 2.5.2 に示すような危険源から危害に至るプロセスとなることが分かる。つまり、共存作業では、非接触存在検知手段の欠陥により近接中の人間を検知できないとき危険状態となり、さらに、接触検知手段の欠陥により移動ロボットが停止せずに衝突や挟まれに至る。協調作業では、人間にロボットが接触している状況は危険状態であるが、これは危険事象ではなく、過大な力出力を検知できない状況で、なおかつ人間が回避できなかったときに危害を被る。

安全方策はリスクを低減する安全化の手段であり、危険源が危険状態、危険事象へと推移するプロセスを中断させることができるため、移動ロボットの危険源を位置あるいは力や速度といった適切な物理量で代替して検知することが重要である。さらに、これらの検知手段の欠陥が新たな危険源とならないような配慮も必要となる。

一方、上記危険源の内、危険源自体の除去が実現できるのは(3)のみであるが、タスク内容によっては、本質安全設計を導入して移動ロボットは人間との安全な接触を保証できるかもしれない。例えば、本質安全アクチュエータは、接触がリスクを生じない構造として危険源を除去できる。しかし、一般的に移動機構用アクチュエータについては、本体重量を考慮すると(7)の削減は難しいため、安全方策の適用によるリスク低減活動に委ねざるを得ない。その結果、移動機構が人間と接触する前にセンサで検知して、ブレーキによって停止する機能を持つことが安全要件となる。このように、人間が危険源に晒されて生じるリスクの低減を図ることを機能的安全と呼び、低減されたリスクの受容の判断はセンサやブレーキの安全性能に依存することになる。

危険源を同定して、そのリスクを見積もり、評価するといったリスクアセスメントの手順は、危険源除去とリスク低減による設計の根幹を成すものであるため、ロボットの安全設計の達成度は如何に漏れなく正確に危険源を抽出できるかに依存する。リスクアセッサは事前安全性評価の責任を負うことになるため、十分な知識と経験を持ってチームでアセスメント作業を遂行することが望ましい。

2.6 まとめ

初年度である今年度は、対象とする移動ロボットの範囲を明確にするために、現在ある移動ロボットにはどのようなものがあるかを把握した上で、それらを分類し、その体系化について検討することとした。

まず、具体的にどのような移動ロボットがあるかを把握するため、事例調査を実施した上で、移動ロボットの安全性に着目した分類を行うため、移動範囲・移動環境・対人環境・

マニピュレータの有無・移動出力・操作と制御・停止形態の7つのパラメータに基づいた分類の検討を実施した。

また、移動ロボットの安全基準策定にあたり、想定される問題点を明確にするため、移動ロボットの危険源リストの作成も行った。

今後は、今年度の検討結果に基づき、移動ロボットの安全基準で対象とする移動ロボットの範囲を明確にし、移動ロボットの体系化についてのまとめを行うと共に、移動ロボット安全基準策定の手法についての検討を行うこととする。そして、最終年度には、それまでの調査研究結果に基づき、移動ロボットの安全基準策定を行う予定である。

3. ISOにおける標準化動向

本調査研究では、移動ロボットの安全性検討に密接に関連する ISO 10218（産業用マニピュレーティングロボット—安全性）の改訂作業を行っている ISO/TC184/SC2 に関して、日本提案及び ISO から回付される国際投票に対する日本回答の作成、各国提案の検討をはじめ、ISO/TC184/SC2 国際会議及び関係主要国のロボットの安全に関する現状等の調査を行った。

3.1 ISO/TC184/SC2 の活動状況

3.1.1 活動状況概要

第1回 S C 2 フランクフルト会議が 1984 年 5 月 22 日に開催されて以来、これまで ISO 10 件、TR 4 件が発行された。

当初は 5 つの WG で、最大 6 つの WG で作業してきたが、作成中の規格がほぼ発行されたことから、2000 年 5 月 11～12 日に開催された第 12 回 S C 2 アナーバ会議において、全ての WG が解散されることとなり、以降の改正及び新規作成作業は WG でなく、P T (Project Team) で進められることとなった。

現在、ISO 10218:1992（ロボットの安全性）、ISO 9409-1:1996（メカニカルインタフェース—フレンジ形（A 形）の 2 件の改正作業が進んでいる。

ISO 10218（ロボットの安全性）の改正は各国が大きな関心を持つてゐる大きなテーマである。本提案は米国より提案されたもので、新規作業項目投票（2002 年 1 月 15 日期限）により、1999 年 6 月に発行された米国の安全規格（ANSI/RIA R15.06）をベースとして ISO 10218（ロボットの安全性）の改訂作業を行うことになった。

本改訂作業は PT(Project Team)で行われており、PT 会議が 3 回開催された。

ISO 10218 は第 1 部「設計、建設、据付」と第 2 部「改造、再配置、使用」の 2 つのパートから成っていたが、2003 年 10 月に開催された第 5 回 PT 会議において、第 2 部の適用範囲が曖昧で最高の必要性があるということになり、第 2 部をキャンセルするという方針が出され、投票（2004 年 1 月 6 日）を経て、第 2 部のキャンセルと新規作業項目として「セルにおけるロボットの統合と据付け」を開始することになった。

なお、S C 2 における規格作成状況は表 3.1 の通りである。

3.1.2 活動状況の詳細

ISO/TC184/SC2（工業用ロボット）会議が、3 月 24 日～25 日にカナダの Mississauga で開催された。これらの概要について次に述べる。

(1) ISO 9409-1

プロジェクトリーダー（Mr.Matias Lafvas）は改正の主要項目を報告した。

- ・ より大きな負荷に対する寸法の追加

- ・呼び方の改良形式
- ・技術的な修正

CD 投票における 5 つのコメントの内、4 つは取り入れられた。(CD 投票結果については N448 参照)

プロジェクトチームは通信によってのみ作業を行っており、DIS 投票が 2003 年 4 月 14 日期限で行われている。

(2) ISO 9409-2

プロジェクトリーダー (Mr.Matias Lafvas) は呼び方の形式を改良するための微修正に関する主要項目を報告した。それらは微修正として取り入れられた。

プロジェクトチームは通信によってのみ作業を行っており、改正規格は 2002 年 11 月 1 日に発行された。

(3) ISO 10218

プロジェクトリーダー (Mr.Jeff Fryman) は作業が順調に行われていることを報告した。

セクレタリーは CEN/TC310 が ISO 10218 の第 2 部を採用しないと決めたことを報告した。その理由は欧州の別の法律によって規制されている項目を取り扱っているからである。

CD 10218-1 の投票は 2003 年 6 月末以前に開始し、そのコメントを処理するために 2004 年 1 月に米国で会議を開催することになった。また、CD 10218-1 は英語版のみとすることになった。

(4) ISO/TC184/SC2 のスコープ及びタイトルの見直し

① ショートタームの方向性

ISO/TC184/SC2 は SC2 のタイトルは SC2 で作成している規格のタイトルと整合を取る必要があり、SC2 のタイトルを “Robots for Industrial Environment” に変更すべしという ISO 10218 の改訂 PT (Project Team) の提案を受け入れた。

また、SC2 のタイトルを “Robots for Industrial Environment” に変更することを承認してもらうためにこのレゾリューションを TC184 に報告することをセクレタリーに要求した。

② ロングタームの方向性

エンターテインメントや医療等他の環境で使われるロボットの市場の成長が指摘された。「リハビリテーションへのロボットの適用」に関する新規作業項目提案（採択はされなかった）もその方向を示している。

製造業とは異なる環境で使用されるロボットのための別の TC の形成におけるロングタームの構造は我々に TC をどのように見つけるかという問題を残す。また、ISO/TC184 は IT に焦点を当てている一方、多くのケースのロボットに関する新しい分野が安全に関する問題を生じさせることが指摘された。

ISO/TC184/SC2 はこれまでの “Industrial Robots” が他の環境での使用へと拡大する

傾向を認識し、SC2 の“Industrial Environment”の既存の構造よりロボットのスコープが大きく拡がることを主張している。

将来的にはエンターテインメント、サービス、医療及び他の環境における標準化への要求の認識を期待している。

ISO/TC184/SC2 は新しい構造における標準化のこれらのニーズに対する可能なロングタームのソリューションに関して、ISO/TC184 と TMB と共に審議を開始するようにセクレタリーに要求した。

(5) 新規作業項目「リハビリテーションへのロボットの適用—安全性」

前回の会議以来、TMB にアドバイスを求めたが、本提案を扱う他の適切なコミッティがないということで、SC2 において新規作業項目提案に関する投票が行われた。

その結果、1 カ国のみが賛成で参加を表明したため、採択されなかった。

(6) 日本の ORiN プロジェクト

日本から、ORiN 協議会の設立等の進捗状況の報告及び新規作業項目提案を行うようにまだ準備はしていない旨の報告を行った。

(7) 他のフューチャーワーク

ISO 9283 は N 454 にしたがって定期的な見直しのために回付（投票期限：2003 年 6 月 30 日）された。

(8) 次回の SC2 会議

次回の SC2 は 2004 年 10 月 28 日～29 日に名古屋で開催することになった。また、ISO 10218 改訂編集会議を SC2 会議の前の 25 日～27 日に開催する予定である。

3.2 日本提案及び国際規格回答状況

ISO 10218 改訂に対する日本提案については、3.2.1 に、国際規格回答状況については 3.2.2 に、それぞれ示す。

3.2.1 ISO 10218 改訂に対する日本提案

ISO 10218（ロボットの安全性）改訂プロジェクトチーム会議に提出した日本からの提案内容は次のとおりである。

(1) 第4回 ISO 10218 改訂プロジェクトチームトリノ会議に提出した日本提案

1 Type of comment: ge = general

te = technical

ed = editorial

2 MB = Member body

Clause No./ Subclause No./ Annex (e.g. 3.1)	Paragraph/ Figure/ Table/Note (e.g. Table 1)	Type of comment ¹	Comment (justification for change) by the MB ²	Proposed change by the MB
Part 1				
3.38 rebuilt robots		ge	Does the changed software of the model robot include firmware and task programs? The definition in the last sentence should be extended to make a difference with "remanufacture" clear as follows:	"This includes overhaul and repair, reconditioning, refurbishment, or restoration of existing robots to their original capabilities and level of performance without revising specification and performance, functions."
5.2.8 Holding brake		te	Change "ISO18349" to "ISO13849-1". Is "a holding brake" the same as "a holding device"? The brake is not included in safely-related control systems. If it is applicable to Category 2, the normalcy of its mechanism must be confirmed by a position sensor or a coil current monitor.	Delete "then design, function and construction of the holding brakes shall, at a minimum, comply with requirements of ISO 18349 Category 2", and add "the holding brakes shall be designed and constructed using basic safety principles and well-tried components".
5.5 Robot stopping circuits	NOTE 1	te	The safety control system performance for emergency stop shall be applicable to not only an emergency stop device but an emergency stop circuit. In that case the emergency stop circuit to remove power must have the same safety performance for the protective stop circuit. Because the emergency stop device is operated so that a person is exposed to a hazard, the emergency stop circuit shall comply with requirements of Category 3 in principle. The definition of the protective stop circuit is vague when an external protective device and emergency stop device are connected in series and functioned as emergency stop. Special consideration in that case should be noted.	Change "Safety system performance" in the table of NOTE 1 with "Safety circuit performance". Delete the first sentence of ** of NOTE 1. The safety performance of emergency stop must be described same as protective stop. Otherwise change the latter sentence of ** of NOTE 1 to "If this circuit is used by safeguards and functions as the protective stop circuit, it shall comply with the safety performance of protective stop and not reset automatically".
5.7.4 Pendant	Third paragraph	te	When disconnecting the pendant, the E-stop device may change its	Add the following sentences: An additional visible indication on

emergency stop function			colour prescribed in ISO13850, or may let operators recognize whether it is effective or not to prevent operational confusion. In addition, add other attention matters.	the pendant may be used to inform the available condition only when this stop function is active. And the emergency stop function shall be started promptly when the pendant is disconnected during the action of the emergency stop device.
5.7.6 Wireless or detachable teach pendant		ge	The definition of the detachable pendant or teaching control device is necessary because it is possible to separate even the pendant connecting permanently from the controller.	
5.10 Axis limiting devices		ed	Why was the exclusion of this requirement removed? The adjustable axis limiting device cannot be forced to use on all robots in case that it is impossible to implement or unnecessary for users and installers. Such an example (a small robot application) is explained.	Add the following sentence: Excluded from the requirement of axis limiting are specialty application robots that are otherwise limited in their intended motion (i.e. 360° sweep, parallel link manipulator, small size robots with no space in safeguarded space for teaching, APV, etc.).
6.8 Robot system clearance		ge	As the clearance requirements are also important in the installation, the contents of 6.7.7, 6.8.5 of Part 2 shall be described in this article. In that case there is our suggestion about clearance requirements, especially additional safeguarding devices.	
6.12.4 Protective stops		ed	Replace "safety stops" with "protective stops".	
Annex B		te	Additional information on the enabling devices has been appended as Annex B. Safety requirements, ergonomic and operational characteristics are explained. Are these contents moved to 5.7.3?	See the attached sheet of Annex B.
		ge	As the requirements described in 6.4, 6.5, 6.7.7, 6.8, 6.9 of Part 2 are also important in the installation, these contents should be explained in adequate articles of Part 1.	
Part 2				
3 Terms and definitions	3.1 to 3.47	ed	Comply with term definitions of Part 1.	
3.42.2		ge	Figures illustrating each area allow	Attach figures as Annex.

Restricted space 3.42.3 Operating space 3.42.4 Safeguarded space			visual understanding. - Barrier Guard - Restricted Space - Operating Space	
4.4 Safety related software and firmware based controllers		ed	Comply with 5.4.4 of Part 1.	
4.5 Limiting devices		ed	Comply with 6.5 of Part 1.	
4.12 Robot system stopping circuits		te	Comply with 6.12 of Part 1. Replace "a safety stop" with "a protective stop". When the E-stop circuit also functions as the protective stop circuit, an explanatory note should be in this article same as 5.5 of Part 1.	
4.12.1 Robot system emergency stop		ed	Comply with 6.12.1 of Part 1. Replace "a safety stop" with "a protective stop".	
4.12.5 Safety stops		ed	Comply with 6.12.4 of Part 1. Replace "a safety stop" with "a protective stop".	
6.7.7 Clearance		te	Where the minimum clearance of 0.5 m is not provided, additional safeguarding devices are prepared and exemplified in NOTE. In the teach mode the reduced speed control and three position enabling device can secure regardless of presence of clearance, then minimum additional safeguarding devices for reduced speed APV may be same as the teach mode. The risk reduction measures against the trapping or pinch hazard are not only to stop robot motion but intrinsic means, e.g. complete fixed guards which prohibit any human body penetration installed in small size robots, and low power actuation of	Add NOTE: The additional safeguarding devices under the reduced speed control shall be provided which include but are not limited to: a) additional limiting devices (mechanical or non-mechanical) b) PSSD c) three position enabling devices These devices shall be used with enough attention to the total stop performance of the robot.

			the robot. Are these measures included additional safeguarding devices or not applicable to this article?	
6.8 Safe-guarding personnel during program verification	NOTE	ge	Programme verification shall be performed outside the safeguarded space fundamentally. Such comment shall be emphasized.	Delete the first sentence of NOTE 1 and add "Verification shall be performed outside the safeguarded space fundamentally. If not possible, APV can apply according to requirements of 6.8.2 and after." in the article.
6.8.5 Verification from outside the safeguarded space		ge	The minimum clearance shall be provided for high speed APV, but it is not enough to install only additional safeguarding devices same as low speed APV when the minimum clearance is not provided. Because it is difficult to suddenly stop a robot in high speed by less than 0.5 m in reality, the minimum clearance needs reconsideration. There is the fear that a work piece flies and hits on human body in high speed APV. Therefore after reduced speed APV the later high speed APV shall be executed outside the safeguarded space irrespective of clearance.	
Annex UB B.2.2 b) xx)		te	Need Additional technical requirements.	Add "When unintentional unlocking of the lock-type safety switch on the guard fence, due to power interruption, may lead to a hazard, the lock-type safety switch shall not be unlocked when power supply is interrupted." and "The lock-type door interlocking device shall have sufficient retaining strength."

(2) 第5回 ISO 10218 改訂プロジェクトチームアウグスブルグ会議に提出した日本提案

1 **Type of comment:** **ge** = general **te** = technical **ed** = editorial 2 **MB** = Member body

Clause No./ Subclause No./ Annex (e.g. 3.1)	Paragraph/ Figure/ Table/Note (e.g. Table 1)	Type of com- ment ¹	Comment (justification for change) by the MB ²	Proposed change by the MB
Part 2				
All			If Part 2 is requirements exclusively for users, almost all clause 6 and part of clause 7 should be moved to	

			Part 1 since they are described for manufactures and integrators. Part 1 can be referred from Part 2 when requirements related to users (ex. validation) need information about installed application.	
3.12 enabling device				Move to clause 3 of Part 1.
4 Installation of robots and robot systems	First paragraph 2 nd and 3 rd paragraph		Because installation requirements belong to Part 1, user's responsibility is limited to following issues; Validation of application, Safeguarding measures at rebuilding, Safeguarding measures at re-deployment	The first sentence in the first paragraph "The robots or ...supplier." should be deleted. The next sentence, "The work space ...controls." should be moved to at the end of 5.2. The 2 nd and 3 rd paragraph should be moved to 5.1.
5.3 Robot or robot system implementation stages			The operating stage required for users should be described.	Delete the first sentence, and add "Safeguarding by the user shall be required at the operational stage of robots and robots systems." "a), b), c), and g) should be deleted.
6.1 Requirements of safety control system performance			"Safety control system performance" is described in 5.4 in Part 1. This is the requirement for integrators.	Delete this clause.
6.2 Limiting robot motion 6.2.1-6.2.3			The requirements in 6.2.1 to 6.2.3 are described in 6.5 of Part 1.	The following sentence should be added at the end of the paragraph; "The limiting devices including mechanical, non-mechanical, and dynamic limiting devices shall be compliant with 6.5 of Part 1." 6.2.1 to 6.2.3 should be deleted.
6.3 Pendants 6.3.1-6.3.2				Delete this clause, and add " Retrofit of an enabling device shall be done by integrators. Users should validate this retrofit result."
6.4.2 Safeguarding device selection			It is described in 7.5 of Part 1.	All sentences except for the first sentence should be deleted.
6.4.3 Safeguarding device safety distance			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for integrators.	The whole paragraph including NOTE should be moved to an additional 7.X of Part 1.
6.4.4 Bypassing safeguard-			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for	The whole paragraph including NOTE should be moved to an additional 7.X of Part 1.

ing devices			integrators. Therefore 6.4.4 except for c)-2) should be moved to clause 7.X in Part 1.	Add "When the bypassing safeguarding devices is required for maintenance or teach, personnel for maintenance or teachers shall be fully trained about the bypass."
6.4.5 Muting			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for integrators.	The whole paragraph should be moved to 7.X of Part 1, and the following sentence should be added instead; "Muting shall be permitted only when the requirements in clause 7.X in Part 1 are satisfied."
6.4.7 Start and Restart			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for integrators.	The whole paragraph should be moved to 7.X of Part 1.
6.5 Awareness means 6.5.1-6.5.2			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for integrators.	The whole paragraph should be moved to 7.X of Part 1.
6.7.5 Selecting teach			Some part of this clause should be moved to Part 1 since they are important requirements for manufacturers.	Sub clauses c) and f) should be moved to 5.6.2 of Part 1.
6.7.7 Clearance			The requirements for clearance are described in 6.8 of Part 1. It should be referred from 6.7.7.	The whole paragraph should be deleted. The following sentence should be added instead; "When personnel must enter the safe guarded space to teach in the reduced speed in robot cells, clearance shall be comply with 6.8 of Part 1."
6.8 Safeguarding personnel during program verification	NOTE		Programme verification shall be performed outside the safeguarded space fundamentally. Such comment shall be emphasized.	Delete the first sentence of NOTE 1 and add "Verification shall be performed outside the safeguarded space fundamentally. If not possible, APV can apply according to requirements of 6.8.2 and after." in the article.
6.8.2 Slow speed attended program verification				"Slow speed" should be replaced by "reduced speed." "Part 1 clause 5.7" should be replaced by "Part 1 clause 5.6.2.1."
6.8.4 Requirements for high speed APV			Some part of this clause should be moved to Part 1 since they are important requirements for manufacturers.	Sub clause a) should be moved to clause 5.6.3.2 of Part 1. b) "Part 1 clause 5.8" should be replaced by "Part 1 clause 5.6.3.2." e) "4.12.4c" should be replaced by "Part 1 clause 6.12.3c." k) NOTE: "Slow speed" should be replaced by "reduced speed." "Part 1 clause 5.8b" should be

				replaced by "Part 1 clause 5.6.3.2b." q) should be added; High speed APV shall be performed without handling part/work pieces as much as possible. Protection against release of part/work pieces shall be taken into account.
6.8.5 Clearance for high speed APV			Because it is difficult to suddenly stop a robot in high speed by less than 0.5 m in reality, the minimum clearance needs reconsideration. There is the fear that a work piece flies and hits on human body in high speed APV. Therefore after reduced speed APV the later high speed APV shall be executed outside the safeguarded space irrespective of clearance.	The 2 nd sentence, "Where this minimum ... shall be provided." should be deleted.
6.9.2 Presence sensing device initiation (PSDI)			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for integrators. Minimum object sensitivity of 30 mm described in c)-5) should be described in Part 1 as requirements for safeguarding device.	Sub clause c) should be moved to clause 7.8.X of Part 1.
6.10.5 Additional safeguard- ing methods			These requirements should be duplicated in Part 1 since they are important requirements for integrators.	Sub clause b) should be duplicated in 7.5 d) of Part 1.
6.11 Safeguard- ing verification			These requirements should be moved to Part 1 since they are important requirements for integrators.	Move the whole paragraph to Part 1 as 7.10. The following sentence should be added instead; "If the user needs to perform safeguarding verification, it shall be performed in accordance with 7.10 of Part 1."
Annex UB B.2.2 b) xx)	Additional article			Add "When unintentional unlocking of the lock-type safety switch on the guard fence, due to power interruption, may lead to a hazard, the lock-type safety switch shall not be unlocked when power supply is interrupted. " and "The lock-type door interlocking device shall have sufficient retaining strength."

3.2.2 国際規格回答状況

(1) ISO 投票に対する日本の回答状況

今年度中に行われた ISO 投票に対する日本の回答状況を表 3.2.1 に示す。

なお、投票の際に付したコメントの具体的回答内容については 3.2.2 (2) に示した。

表 3.2.1 ISO 投票に対する日本の回答状況

文書番号	規格名称	回答期限	回答の内容
	ISO/DIS 9409-1 Manipulating industrial robots - Mechanical interfaces - Part 1: Plates	2003.4.14	賛成
ISO/TC184/SC2 N 454	ISO 9283 : 1998 (Systematic review of international standard) Manipulating industrial robots - Performance criteria and related test methods	2003.6.30	賛成
ISO/TC184/SC2 N 461	ISO/CD 10218 Manipulating industrial robots - Safety - Part 1: Design, construction and installation (Revision of ISO 10218:1992)	2003.10.10	賛成
ISO/TC184/SC2 N 464	Vote on draft resolution 258 of ISO/TC 184/SC 2, Proposal to cancel work item ISO 10218-2 and initiate a new work item	2004.1.6	反対
	ISO/FDIS 9409-1 Manipulating industrial robots - Mechanical interfaces - Part 2: Plates	2004.1.20	賛成

(2) ISO 投票の際に付した日本コメント

1) ISO/CD 10218 投票の際に付した日本コメント

1 **Type of comment:** ge = general te = technical ed = editorial 2 **MB** = Member body

Clause No./ Subclause No./ Annex (e.g. 3.1)	Paragraph/ Figure/ Table/ Note (e.g. Table 1)	Type of com- ment ¹	Comment (justification for change) by the MB ²	Proposed change by the MB
Part1				
5.2.8 Holding brake or device			Holding brake and Holding device are composed with the mechanical system and the control system. Therefore safety performance of them is not only provided for the category of the control system.	Delete "then design, function and construction of the holding brakes shall, at a minimum, comply with requirements of ISO 18349 Category 2", and add "the holding brakes shall be designed and constructed using basic safety principles and well-ried components".
5.5 Robot stopping circuits	The 2nd sentence		It is important that the robot has the protective stop function and the emergency stop function. However, it is not important that both functions are independent and may be combined into the common circuit.	The second sentence is revised to "It is necessary to include the circuit that achieves the protective stop function and the emergency stop function".
5.7.6 Wireless or detachable teach controls			Cause 5.7.6 overlaps with clause 5.7.4.	Pendants used in programming mode shall have an emergency stop function to stop all hazardous motion.
6.12.4 Protective stops	Last paragraph	ed	Replace "safety stops" with "protective stops".	Replace "safety stops" with "protective stops".
Part2			It is necessary to incorporate some contents of the Part2 that relates to the design, construction, and installation of industrial robots and robot system into Part1.	The following Part2 articles should be moved to Part1 after these contents are examined. 6.1 Requirements of safety control system performance 6.2 Limiting robot motion 6.2.1 Mechanical limiting devices 6.2.2 Non-mechanical limiting devices 6.2.3 Dynamic limiting devices 6.3.2 Existing installations 6.4.4 Bypassing safeguarding devices 6.4.5 Muting 6.4.7 Start and Restart 6.5 Awareness means 6.5.1 Awareness barrier 6.5.2 Awareness signal 6.7.5 Selecting teach c)& f) 6.7.7 Clearance 6.8 Safeguarding personnel during program verification 6.8.2 Slow speed attended program verification 6.8.3 High-speed attended

				program verification 6.8.4 Requirements for high speed APV 6.8.5 Clearance for high speed APV 6.9.2 Presence sensing device initiation (PSDI) 6.10.1 Access to safeguarded space with no drive power available 6.10.2 Access to safeguarded space with drive power available 6.10.3 Entry procedures 6.10.4 Control of robot and robot system 6.10.5 Additional safeguarding methods 6.10.6 Alternate safeguards 6.11 Safeguarding verification 7.1 Interim safeguarding 7.1.1 Selection of interim safeguards 7.1 Interim safeguarding 7.1.1 Selection of interim safeguards 7.4 Personnel protection
--	--	--	--	---

2) Vote on draft resolution 258 of ISO/TC 184/SC 2, Proposal to cancel work item ISO 10218-2 and initiate a new work item 投票の際に付した日本コメント

We agree to the proposal to cancel the work item ISO 10218-2. However, we strongly disagree to the proposal to initiate a new work item. The necessary contents of Part 2 must be incorporated in Part 1. In that way, the revision of ISO 10218(-1) can be completed more quickly.

3) ISO/FDIS 9409-1 投票の際に付した日本コメント

1 **Type of comment:** **ge** = general **te** = technical **ed** = editorial 2 **MB** = Member body

Clause No./ Subclause No./ Annex (e.g. 3.1)	Paragraph/ Figure/ Table/ Note (e.g. Table 1)	Type of comment ¹	Comment (justification for change) by the MB ²	Proposed change by the MB
	Figure 2 and Figure 3	ed	They are similar and should be unified.	In the present FDIS, Figure 1 has a common side view for two types of interfaces: with four bolt holes and with six bolt holes. If we go according to this fashion, we should have only one figure containing a common side view and three front views of interfaces, i.e., with four bolt holes, six holes, and eleven holes. If we do not go in this fashion, we should have three separate figures, each with a side view and a

				front view with four bolt holes, six holes, or eleven holes.
	Table 1	ed	The number of holes N for Pos 12 should be 11 (eleven), the same as that for Pos 10. This is clear from the Figure 3 for posotion 12.	
	Table 1	ed	The depth of the thread holes t4 is numerically defined only for Pos 12. I do not see any inconvenience if it is defined similar to others, namely, "See note 1".	

3.3 ISO の国際会議報告

3.3.1 第4回 ISO 10218 改訂プロジェクトチームトリノ会議報告

(1) 日時

6月16日 (月) 08:30～17:00 ISO10218改訂委員会
6月17日 (火) 08:30～14:10 ISO10218改訂委員会
14:30～16:00 FIAT Mirafiori Plant見学 (トリノ市)
16:20～18:00 ISO10218改訂委員会
6月18日 (水) 08:30～17:00 ISO10218 改訂委員会

(2) 場所

COMAU Robotics (Strada Orbassano, 20/22 10092 Beinasco-Turin, Italy)

(3) 出席者 (24 名)

米国	Jeff Fryman	(Robotic Industries Associations) 議長
	Michael A. Taubitz	(General Motors Corporation)
	Eugene Schlueter	(Mitsubishi Motor Mfg. Of America, Inc.)
	Roberta Nelson Shea	(Honeywell International Inc.)
	Gilbert Dominguez	(ABB Flexible Automation Inc.)
カナダ	Dave Smith	(Honda Of Canada Mfg.)
英国	Steven Shaw	(HSE :Health and Safety Executive)
ドイツ	Stefan Sagert	(VDMA)
	Bernhard Kramer	(DaimlerChrysler AG)
	Helmut.Riss	(Siemens AG)
	Marcus Frey	(Durr Systems GmbH)
	Josef Leibinger	(KUKA Roboter GmbH)
イタリア	Richard Schwarz	(KUKA Roboter GmbH)
	Serafino Grisoni	(COMAU Robotics)
	Renzo Calcagno	(COMAU Robotics)

スウェーデン	David Wretling	(ABB Automation Technology Products Robotics)
CEN	Matthias Umbreit	(Consultant to CEN for Machinery)
日本	安藤 嘉則	(群馬大学)
	橋本 秀一	(株式会社デンソーウェーブ)
	土肥 正男	(和泉電気株式会社)
	錦 朋範	(和泉電気株式会社)
	中村 尚範	(トヨタ自動車株式会社)
	武藤 剛和	(トヨタ自動車株式会社)
	佐藤 公治	(社団法人日本ロボット工業会)

(4) 議事内容

1) 自己紹介

議長であるFryman 氏の開会の挨拶の後、出席者の自己紹介が行なわれた。

2) ホストの挨拶と紹介

今回、ホストを務めるCOMAU ROBOTICSから挨拶と会社の概況紹介が行なわれた。

3) 関連規格の説明

ISO11161の動向についてSHEA女史から簡単な報告があった。ISO10218のCDを発行する上で、具体的に検討しなければならない事項についてのコメントはなかった。

4) ISO10218 Part1 の審議

議長から今回の改訂会議でのPart1の審議を終了させ、討議の結果を盛り込んだ改定案をCDとしてSC2 (ISO/TC 184/SC 2 : 上部の委員会) に提出し、各国投票にかける方針が示された。それを受けて本会議ではCDの作成が完了できるように、主要ポイントに絞って討議を進めることとした。会議は、事前に議長から送付されたISO10218Part1改定案 (PT014 前回のモントリオール会議審議結果を反映) に対して、各国から提出されたコメント (PT016) を審議する形で進行した。日本は別紙のようなコメントをまとめ、会議当日に各委員へ配布したが、本会議にてCD作成が完了できるように、編集上の問題など規格の体勢に影響を与えないと判断可能な項目は、議事への取り上げを先送りした。

今回の審議の主要ポイントは、KUKA (ドイツ) の宿題としてPT016にコメントとして提示された

① Cooperating robotsに関する規定追加

② Assisting robotに関する規定追加

そして日本から事前にプレゼンと審議を申し入れていた、

③ 6.8 Robot system clearance

また日本が提出したコメントの中からCDへの反映が不可欠であると判断し、規格への反映

を求めた、

④ 5.7.4 Pendant emergency stop function

⑤ 5.10 Axis limiting devices

の5項目であった。

以下に各項目の審議内容を記す。

① Cooperating robotsに関する規定追加

本件は、ドイツが前回のモントリオール会議（03年3月）でビデオなどを使いながら事例紹介し、規格への盛り込みの必要性を主張した。それでモントリオール会議の決議として、ドイツで原案を作成後、それを事前に各委員に配布し、今回のトリノ会議で審議することになっていた。審議はドイツ提案（PT016）をもとにドイツが提案の内容を説明し、それに対し米国が意見を述べる形で進んだ。その結果、5.8項Synchronised robot controlが追加され、複数台のロボットが互いに同期しながら動作するときの要求事項が定義された。複数ロボットによる協調動作を実際にライン導入しているトヨタ自動車委員によって反映すべきコメントがあるかどうかをドイツ提案と各国委員のコメントを中心に精査したが、実用上、改訂案で問題はないと判断した。

② Assisting robotに関する規定追加

①項と同様に本件も、ドイツが前回のモントリオール会議でビデオなどを使いながら事例紹介し、規格への盛り込みの必要性を主張した。それでモントリオール会議の決議として、ドイツで原案を作成後、それを事前に各委員に配布し、今回のトリノ会議で審議することとなっていた。ドイツは、前回の会議で紹介した人とロボットが共働作業を行なう事例（人がワークをセットし、ロボットの先端を両手操作で握ってロボットの位置あわせを行なう。人が待避するとロボットが溶接作業を行なう）をビデオで再紹介し、共働作業における安全要求事項のポイントについて説明した。

審議の結果、まず3.3項assisting operation、3.38.1項collaborative workspaceにて、人とロボットとの関係・環境、共働作業領域が追加定義された。また5.9項でAssisting robots及びそのシステムに関する概要とその操作に関する要求事項が追加された。

③ 6.8 Robot system clearance

PT014では、低速APV（TCP速度250mm/s以下の速度でプログラム検証）においてロボットの運転領域から0.5mのクリアランスを取ることを求めている。これに対し日本から『低速APVを行なっているときに、3ポジションイネーブルスイッチ付ペンダントを用い、イネーブル装置が機能（非常停止になる）すれば、約30mmの惰走でロボットは停止できるので、0.5mのクリアランスは不要。』と主張し、トヨタ自動車における安全柵内APV実例及び人とロボットが共存する場合に許容可能なモータ出力の理論値などのプレゼンを行なった。しかし米国などから、プレゼン事例のように近距離でロボットが停止できる保証が無いなどの強い反対意見が出て、このままでは日本の主張を通すのは難しい情勢であ

った。そこで翌日（18日）に日本が新規に妥協案を提示することを提案し、翌朝までに賛同を得やすい委員に根回しを行い日本コメントへのバックアップを取り付ける作戦に変更した。トヨタ自動車委員によって新提案を急遽作成（各委員の反応をうかがうため、案は本命案と次善案の2案を作成）し、同様の課題を抱える（賛同を得やすい）General Motors、Mitsubishi Motor Mfg. Of America、Honda Of Canada Mfgと折衝し日本提案の正当性への理解と、改定案反映へのバックアップの約束を取り付けた。また会議のオピニオンリーダーとなっているKUKAのLeibinger氏に会議時間外（休憩時間、移動時間など）に接触し、日本の主張の正当性について説得と意見交換を行ない、Leibinger氏から日本コメントに基本的に同意できる見通しを得た。

翌朝（18日）、日本から新提案を行い、それをもとに審議が行なわれた。その結果、運転領域に対し0.5mのクリアランス確保が原則となるものの、ロボットが50mm以下の惰走距離で停止できる場合に限りとの条件を追加の上、250mm/s以下の速度でプログラム検証を行なう場合は、運転領域に対し0.5mのクリアランスを確保しなくてもよいこととなり、日本の主張を規格に反映させることに成功した。

④ 5.7.4 Pendant emergency stop function

PT014では着脱可能なティーチペンダントの非常停止スイッチは、無線式のペンダントと同様にISO 13850で規定されるスイッチ（キノコ型スイッチに黄色の枠線表示）とは、はっきり異なる形状とすることを求め、常時接続するペンダントに対しては、従来通りISO13850に従うとされた。これに対し、日本から、デンソーにおける小型ロボットシステムの教示、プログラム検証の実施例ビデオを紹介しながら『着脱可能なペンダントが接続されている（有効である）場合に、ISO13580と異なる形状のスイッチであると、オペレーターは非常停止ボタンでないと誤判断する恐れが高い。またペンダントが切り離されている場合に、無効であることをはっきり認識できることが重要なので、スイッチの形状はISO13850通りとし、非常停止装置が有効か無効を認識できるようにすべきである。またペンダントを着脱するか常時接続するかはユーザに依存するので、同じ機能を有するペンダントにおいて使用方法によって非常停止スイッチを変更するのは、合理性に欠ける。』と主張したが、会議時間中には欧米委員から同意を得ることはできなかった。そこでその夜開催されたCOMAU主催の晩餐会にて、日本への同意を得るべくオピニオンリーダーのKUKAのLeibinger氏の近くに同席し、日本のコメントに同意できない理由の真意を問いただした。その結果Leibinger氏から『ロボットシステムには安全柵の周辺に多数の非常停止スイッチがあるので、ペンダントにまで設ける必要性は低くコストダウンの面から無線式や着脱可能なペンダントは、ISO13850と異なる安いスイッチを採用したい。これは常時接続するペンダントの非常停止スイッチをISO13850に従うとすることと矛盾し、そちらのスイッチも無線式や着脱可能ペンダントと同様にしたいが、歴史的な経緯からスイッチの変更は反対意見が多いと思われる。そこまで踏み込んだ提案が出せない。日本コメン

トは正当な主張であり、翌日の会議にて日本コメントの実現に協力する。』との意見を得ることができた。翌日（17日）の会議にて、審議が再開され、議長裁定により『ISO13850とは異なるスイッチを用いなければならない』が削除され、『無線式や着脱可能であるため非常停止スイッチが無効であることがはっきり認識できるようにしなければならない。』と変更され、その具体的な内容は、無線式や着脱可能なペンダントの非常停止スイッチは、ISO13850に規定されるスイッチを用いても良いが、それが無効であることの可能性があることがわかるように、黄色の枠を設けない方式でよいことが確認された。また着脱可能なペンダントは、常時接続するか着脱して使用するかはユーザに依存するので、黄色の枠の有無はユーザに依存して良いこととなり、日本の主張を認めさせることができた。

⑤ 5.10 Axis limiting devices

前回会議にて日本が主張した本条項で規定する内容以上の安全性が確保できれば、機械的制限装置を用いない方法を取っても良いことが規定されたが、360度回転軸とパラレルリンクロボットの適用除外事項が削除された。そこで日本は、初日に紹介したデンソーの小型ロボットシステムにおける調整・教示・APV・自動運転の作業事例（後述⑥項）を引用しながら『小型ロボットシステムのように要員が安全柵内に入って教示、プログラム検証を行わないシステムでは、本条項に規定する内容を遵守する必要性は低い。また物理的に調整可能な機械的制限装置の設置が困難である360度回転軸とパラレルリンクロボットの適用除外を復活すべきである。さらにパラレルリンクロボットのように将来、新たな形態のロボットが出現し、本条項を適用しないでも同等以上に安全なロボットの出現を妨げる恐れがある。』と主張した。当初は米国を中心とした委員は『小型ロボットにおいて条項で規定する軸制限装置の有効性が低いことは認めるものの、代替の安全装置もしくはリスクアセスメントによって安全を確保する必要がある。』と主張し同意を得ることはできなかった。しかしドイツが日本の主張に賛同を示し、妥協案を提示した。それをもとに審議を進めた結果、360度回転軸やパラレルリンクロボットのような特殊な仕様のロボットは適用除外とすることで妥協が成立した。規格は『specialty application robots that are otherwise limited in their intended motion (i.e. 360° sweep, parallel link manipulator, etc.)』と規定され、このspecialty application robotsを規定除外できることによって、条文記載事例以外のロボット（特に新しい形態のロボット）にも適用除外できる可能性を開くことができた。

⑥ その他

・小型ロボットシステムの事例紹介……小型ロボットシステムに関連した日本の主張を通りやすくするため、三菱電機の小型ロボットシステム、デンソー小型ロボットを使用した自動車部品組立検査システムの調整・教示・プログラム検証（APV）・自動運転が実際にどのように実施されるかを示すビデオを会議初日に紹介し、大型ロボットを使用したシステムとは明らかに危険源の状況と要員の関わり合いが異なり、小型ロボットシステムと

しても適した規格としていく必要があることを主張した。その結果、ロボットは大型、小型を問わず要員への危険度は変わらないとの従来の見解から、小型ロボット及びそのシステムの危険度や要員の関わり方が異なる、しかし危険源としてエンドエフェクタが依然存在するとの見解に変えることができ、小型ロボット及び小型ロボットシステムについて各委員の認識を変えることに成功した。

- ・3-Position Enabling Switch……日本の要求通りのコメント（Annex図の訂正とペンダントを床に落としたときにイネーブルスイッチがオンしてはならないを追加）が改定案に盛り込まれた。

- ・5.5 Robot stopping circuitsの防護停止……各委員の意見、会議の推移から見て今回準備したコメントと資料では、日本の主張を通すのは難しく、次回Part1を審議するときには十分な資料を準備してプレゼンすることによって改訂を図る方が得策と判断し、議事への上程を見送った。

- ・日本が準備したその他コメント……審議に残された時間を考慮すると、日本が準備したその他のコメントはCD投票時に重大な判断を与えるもので無いと判断し、CD案確定を優先させた。次回Part1審議時に改めて提案する。

5) ISO10218 Part2の審議

最終日の15時頃からPart2の審議が開始された。今回は、審議の時間（約2時間弱）が十分でないため、気づいた点をピックアップして修正していった。従って規定内容を巡って激しく論争することはなかった。既にドイツから指摘されているようにPart1に含めるべき内容が多数ある、またEN規格としてはPart2を規格として採用しない予定のため、議長であるFryman氏が会議後、Part2の編集を行ない、その編集案を各委員に送付することになった。従って各委員はそれを次回会議までに検討し、次回会議で本格審議することになった。

6) ISO10218予備会議

前回でPart1の審議を終了し、CDを発行する予定であったが、各国の意見がまとまらず、このままでは今回のトリノ会議でのPart1審議終了も危うい情勢であったので、議長とホストであるCOMAUの呼びかけで、今回の会議の進め方が話し合われた。その結果、CDとして問題となりそうな重点項目に絞って討議を行ない、編集上の問題や先送り可能な事項は、CDに対する各国意見を討議する予定の次々回会議にまとめて検討することで合意した。

7) FIAT Mirafiori Plant見学

ホストCOMAUの取り計らいでFIATの主力工場であるMirafiori plant（COMAUに隣接、しかし工場が大きいので、工場への移動に10～15分要した）を見学した。

工場見学した結果の主要ポイントは以下の通り。

<工場概要>

- ・ 1939年操業開始、累計生産台数2690万台。
- ・ 工場の本館は、欧州大都市の終着駅を思わせる作りで風格と偉容を誇っていた。

<ボデー溶接工程>

- ・ ロボットを使用してる箇所もあるが手作業が多い。溶接作業者の持ち工程は少なく、ラインの進捗

率のためか、手待ち時間が目立つ。

- ・ 1車台流動。
- ・ 溶接ロボットのほとんどはCOMAU製で、ところどころにABB製があった。

<メイン組立ライン>

- ・ FIATの主力車種であるPunto、Pandaなどを生産。
- ・ 生産ラインは数本ある模様だが、停止しているラインや進捗停止しているラインが多い。
- ・ ラインタクトは、電光掲示板の生産台数から類推すると90～120秒程度？。

8) 今後の予定

ISO10218Part1、Part2の改訂作業完了に向けて下記の日程が決定された。

第5回会議	03年10月8日～10月10日 アウグスブルグ（ドイツ）ホスト：KUKA Part2の審議を集中的に行なう
第6回会議	04年1月末から2月（日時は議長から後日提案される） オーランド（米国）ホスト：RIA CD（Part1）に対して各国から出されたコメントの討議
第7回会議	04年5月下旬（詳細日程は後日決定） ストックホルム（スウェーデン）ホスト：ABB
第8回会議	04年10月25日～10月27日 刈谷（名古屋）ホスト：デンソーウェーブ

3.3.2 第5回 ISO 10218 改訂プロジェクトチームアウグスブルグ会議報告

(1) 日時

10月8日（水）	08:30～17:00	ISO10218改訂会議
10月9日（木）	08:00～11:00	ISO10218改訂委員会
	11:00～16:30	AUDIインゴルシュタット（Ingolstadt）工場見学会
	16:30～18:00	ISO10218改訂委員会
10月10日（金）	08:00～15:00	ISO10218改訂委員会

(2) 場所

KUKA Roboter GmbH Global Sales Center (Hery Park 3000, D-86368, Gersthofen, Augsburg, Germany)

(3) 出席者 (24 名)

米国	Jeff Fryman (Robotic Industries Associations) 議長 Michael A. Taubitz (General Motors Corporation) Roberta Nelson Shea (Honeywell International Inc.) Khalid Mirza (KUKA Development Laboratories)
カナダ	Dave Smith (Honda Of Canada Mfg.) Joseph-Jean Paques (IRSST) Christopher Gow (CAG Industrial Automation)
英国	Steven Shaw (HSE:Health and Safety Executive)
ドイツ	Stefan Sagert (VDMA) Bernhard Kramer (DaimlerChrysler AG) Hartmut Choquet (Adam Opel AG) Helmut.Riss (Siemens AG) Marcus Frey (Durr Systems GmbH) Josef Leibinger (KUKA Roboter GmbH) Richard Schwarz (KUKA Roboter GmbH)
イタリア	Serafino Grisoni (COMAU Robotics) Renzo Calcagno (COMAU Robotics)
スウェーデン	David Wretling (ABB Automation Technology Products Robotics) Mats Linger (JOKAB SAFETY AB)
CEN	Matthias Umbreit (Consultant to CEN for Machinery)
日本	池田 博康 (独立行政法人産業安全研究所) 橋本 秀一 (株式会社デンソーウェーブ) 土肥 正男 (和泉電気株式会社) 福井 孝男 (和泉電気株式会社)

(4) 議事内容

1) 自己紹介

議長であるFryman 氏の開会の挨拶の後、出席者の自己紹介が行なわれた。

2) ホストの挨拶と紹介

今回、ホストを務めるKUKA Roboter GmbH Executive Vice PresidentのMr.Stefan Mueller氏から歓迎の挨拶と会社の概況紹介が行なわれた。

KUKAはドイツでNo.1、欧州でNo.2 (No.1はABB)、世界でNo.3の規模を誇り、PCベ

ースのコントローラに切り替えてからは、売り上げが2.30億ドル（1999年）→3.25億ドル（2002年）と急増している。販売台数は5,600台（1999年）→7,300台（2002年）と業績を伸ばしており、主要顧客はVWグループ、ダイムラークライスラー。拠点は、ドイツ中心に欧州、北米。最近、上海にオフィスを構え、中国自動車産業への対応を図るとともに、J A R Aに入会した。

各展示会でロボコースター（大型ロボットのエンドエフェクタに2人乗り座席を設けジェットコースターのようにスリルが味わえるアトラクション。が大人気とのこと。

3）関連規格の説明

ISO11161（機械システムの安全性 ISO10218の上位規格となるB規格）の改訂作業が進んでおり、ISO10218のシステムに関する条項はISO11161の規定条項との整合性を保つように本改訂委員会でその内容を十分吟味すべきとの意見が述べられた。ISO11161は米国が議長国（議長は1992年発効のISO10218改訂作業の中心人物であったBladwood氏）となって米国主導で改訂作業が進んでいるとのこと。Shea女史によればその国際会議（改訂会議）に日本からの参加者はおらず、重要な規格なので日本も参加すべきであり、日本の連絡者を後日、Eメールするとのことであった。またSHEA女史からISO10218改訂に反対したフランス*1はISO11161の国際会議に3～4名参加し、積極的（very very active）に活動しているとのことである。

【注】*1：フランスはISO10218改訂開始の賛否投票（2002年1月）において、ISO11161などの上位規格の改訂が済んでからISO10218の改訂作業を始めるべきと主張し、投票国の中で唯一改訂作業開始に反対した。

4）ISO10218 Part2 の審議

今回からPart2の実質的な審議が開始された。

新規にPart2に関してコメントを文書で提出したのは、日本とカナダのみ（両国とも当日、紙で配布）で、Part2をEN規格として取り上げない決定を下した欧州勢から新たなコメントの提出はなかった。従って審議は日本のコメントを中心に審議が進められた。

① 適用範囲

審議の冒頭、日本からPart2は使用者に関する規格であるので、条項6，7を中心にシステムの設計・製作・据え付けに関わる事項はPart1へ移動させ、次回オランダ会議にてその内容を審議すべきとの意見を述べた。それを受けて北米（GM、ホンダ）とドイツ（KUKA、ダイムラー）間を中心に、Part2にどこまで含めるかについて激論が交わされたが結論を得ることができず、議長裁定で本件を保留したまま、他の条項の審議を進めることとなった。

② 各項の審議

主要内容は以下の通り。

- ・ 3項のSafeguarding of personnel – Introductionは、上記規格、Part1と重複す

る用語を削除した。

- ・ 4 項のInstallation of robots and robot systems は、Part1で定義すべき内容なのでValidation of robots and robot systems installationsとタイトルを変更の上、それに関する定義を規定した。
- ・ 5 項のSafeguarding of personnel – Introductionは、Safeguarding methodology と Robot or robot system implementation stages条項を残し、他はPart1にて定義すべき内容として削除した。

6 項のSafeguarding of personnel-Implementationは、Part1へ編入された。

③ Part2規格化のキャンセル

最終日の午前中には6 項Safeguarding of personnel-Implementationまで審議が進んだ。審議の休憩時間中にPart2のタイトルが“Application and Use of Robots in the Work Place”となっているが、“Application ”は広範囲な意味を持ち、日本人には理解しにくいので別の用語に変更の必要があるのではないかと、電子英英辞典で当該用語の説明文を示しながらShea女史に相談した。それを受けてShea女史がPart2のタイトル変更を提案し、一旦はApplicationはIntegrationに変更された。しかしこれをきっかけに、そもそもPart2の適用範囲をどうすべきかという初日に保留となった課題について議論が再発した。ドイツ委員からISO・ENの規格制定範囲と法制の関係を掲示板に記載の上、現状のPart2の内容がISOの体系にそぐわないと主張した。米国委員から欧州各国がユーザに関する安全は各国法令で制定済みであるのは理解できるが、米国においてユーザに関する条項は要員の安全を守る立場から制定することは重要である、ユーザ部分はPart 3として制定しようかという意見まで出て、收拾がつかなくなった。しかし激しいやりとりを経て、北米側であるGMも現状のPart2の適用範囲は曖昧で再考の必要があると欧州委員に同調を示した。最終的に議長が各委員の意見を確認した結果、全員一致でPart2の規格制定作業をキャンセルすることをISO TC184/SC2（ISO10218規格を統括する本プロジェクト会議の上位委員会）に提案することになった。複数ロボットシステムを対象とするISO11161でもIntegrationまではカバーしていないため、このISOメンバーと連携しながら、新たにロボットシステムのIntegrationと Installtionに関する規格開発提案を行い、04年10月のISO10218名古屋会議でその内容を検討の上、それに引き続き開催されるISO TC184/SC2名古屋会議にて新規規格番号にて規格制定開始を図ることとなった。

5) 今後の予定

- | | |
|-------|--|
| 第6回会議 | 04年2月16日～2月18日
オーランド（米国）ホスト：RIA
CD（Part1）に対して各国から出されたコメントの討議 |
| 第7回会議 | 04年5月10日～5月12日
ストックホルム（スウェーデン）ホスト：ABB |

第8回会議 04年10月25日～10月27日

名古屋（刈谷）ホスト：デンソーウェーブ

6) アウディ・インゴルシュタット工場（AUDI Ingolstadt Plant）見学

ホストであるKUKAの取り計らいでフォルクスワーゲン・アウディの主力工場の1つであるAUDIインゴルシュタット（Ingolstadt）工場を見学した。Ingolstadt工場は、KUKAのあるAugsburgからバスで約1時間半のところにある。

工場見学した結果の主要ポイントは以下の通り。

- ・ AUDI A3、A4などの小型車を約1,600台／日生産。
- ・ KUKAロボットが溶接工程を中心に350台稼働中。KUKAはVWグループへ3工場
で800台の納入実績があるとのこと。
- ・ ボディ組立ラインでは、天井走行台車で車を搬送。ラインコンベアの速度に同調して
走行軸付ロボットが燃料を自動給油。
- ・ 人とロボットの協調動作（モーターパワーが入った状態で人がその近くで締結作業）
でエンジンルーム内の組立を実施。
- ・ ボディ溶接では、ハンドと安全柵とのクリアランスが50mm程度しか確保できてい
ない工程あり。その近くの通路を通行するだけで威圧感がある。

7) その他

- ・ 今回の会議は、KUKA本社工場からは車で約20分のところに完成したKUKAの新ビ
ルディングKUKA Global Sales Centerで開催された。建物は地上9階、地下1階（駐
車場）で、1Fにトレーニングセンタとカフェテリア、3Fに会議室、4F～9F
には、営業、海外販売、管理部門が入っている。
- ・ 会議の休憩時間を利用して、トレーニングセンタに設置されているロボコースター
に試乗した。動作は、動作の過激度（速度、軌跡、加速度など）に応じて5ランク
が選択できるようになっており、2人乗車となっている。

3.3.3 第6回 ISO 10218 改訂プロジェクトチームオーランド会議報告

（1）日時

2月16日（月）09:00～17:00 ISO10218 プロジェクト会議

2月17日（火）08:30～17:00 ISO10218 プロジェクト会議

2月18日（水）08:30～15:00 ISO10218 プロジェクト会議

（2）場所

Holiday Inn Orlando in The Walt Disney World Resort

(1805 Hotel Plaza Blvd. Lake Buena Vista, FL 32830, U.S.A.)

（3）出席者 （33名）

米国 Mr.Jeff Fryman（Robotic Industries Associations）議長

	Ms.Roberta Nelson Shea (Machine Safety and Standards)
	Dr.Nicholas G. Dagalakis (NIST=National Institute of Standards and Technology=国立標準・技術研究所)
	Dr.William Drotning (Sandia National Laboratories)
	Mr.Michael A. Taubitz (General Motors Corporation)
	Mr.Wieland Link (SMBG Suddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft)
	Mr.Ian Brough (Sick, Inc.)
	Mr.Dominguez (Rimrock Automation, Inc)
	Mr.Curt Weispfenning (Genesis Systems Group)
	Mr.Khalid Mirza (KUKA Development Laboratries)
	Mr.Mike Calardo (ABB, Inc)
	Mr.Ram Sharma (Fanuc Robotics America, Inc)
	Mr.Erik Carrier (Kawasaki Robotics, Inc)
カナダ	Mr.Dave Smith (Honda Of Canada Mfg.)
	Mr.Jim Van Kessel (JVK Industrial Automation, Inc)
	Mr.Christopher Gow (CAG Indutrial Automation)
英国	Mr.Steven Shaw (HSE=Health and Safety Executive)
フランス	Mr.Benjamin Frugier (UNM)
ドイツ	Mr.Stefan Sagert (VDMA)
	Mr.Bernhard Kramer (DaimlerChrysler AG)
	Mr.Marcus Frey (Durr Systems GmbH)
	Mr.Josef Leibinger (KUKA Roboter GmbH)
	Mr.Richard Schwarz (KUKA Roboter GmbH)
	Mr.Guenter Englert (Motomon Robotec GmbH)
イタリア	Mr.Renzo Calcagno (COMAU Robotics)
スウェーデン	Mr.Mats Linger (JOKAB SAFTY AB)
	Mr.David Wretling (ABB Automation Technology Products Robotics)
CEN	Dr.Matthias Umbreit (Consultant to CEN for Machinery)
日本	橋本 秀一 (株式会社 デンソーウェーブ)
	下原 史靖 (DENSO MANUFACTURING TENNESSEE. INC.)
	土肥 正男 (和泉電気 株式会社)
	生島 譲次 (トヨタ自動車 株式会社)
	佐藤 公治 (社団法人 日本ロボット工業会)

（４）議事内容

１）自己紹介

議長であるFryman 氏の開会の挨拶の後、出席者の自己紹介が行なわれた。

２）ISO10218part1の審議

・ISO10218part2の中止とNWI開始

事前に会議の冒頭での審議を求めているISO10218part1とISO10218part2に換わる新しい規格(NWI=New Work Item)の適用範囲の切り分けについての検討が行われた。2004年1月の国際投票にて、ISO10218part2（産業用ロボット・ロボットシステムの改造、再配置および使用）の作業中止とそれに換わるNWI立ち上げが賛成多数で可決されたが、日本はこの投票にて反対を表明した。そこで審議の冒頭に日本がこの投票で反対した理由と日本の提案についてプレゼンを行った。

まず日本がISO10218part2作業の中止には賛成で、NWI新規立ち上げには反対であったことを改めて表明した。そしてロボットの設計・製造に始まって、ロボットを使用した設備がユーザで使われるまでの時間・業務の流れのなかで、ISO規格として規定すべき範囲を説明（図3.3.1参照）し、各委員の同意を得た。その上でトヨタ自動車の事例を紹介しながら、大型ロボットはシステムの設計・製作・据付後、安全防护手段が設計・設置されるのに対し、小型ロボットでは、安全防护装置の設計・製作がロボットシステムのそれと一体で進められることをデンソーの設備例を紹介しながら説明した。また据付に関する規定がISO10218 part1及び旧ISO10218part2に少ない、さらに両規格を切り分ける作業に時間がかかる、どちらの規定にも関わる条項もあるなどの理由から、可能な限りの項目をISO10218part1に盛り込むべきと主張し、表3.3.1に示す提案を行った。

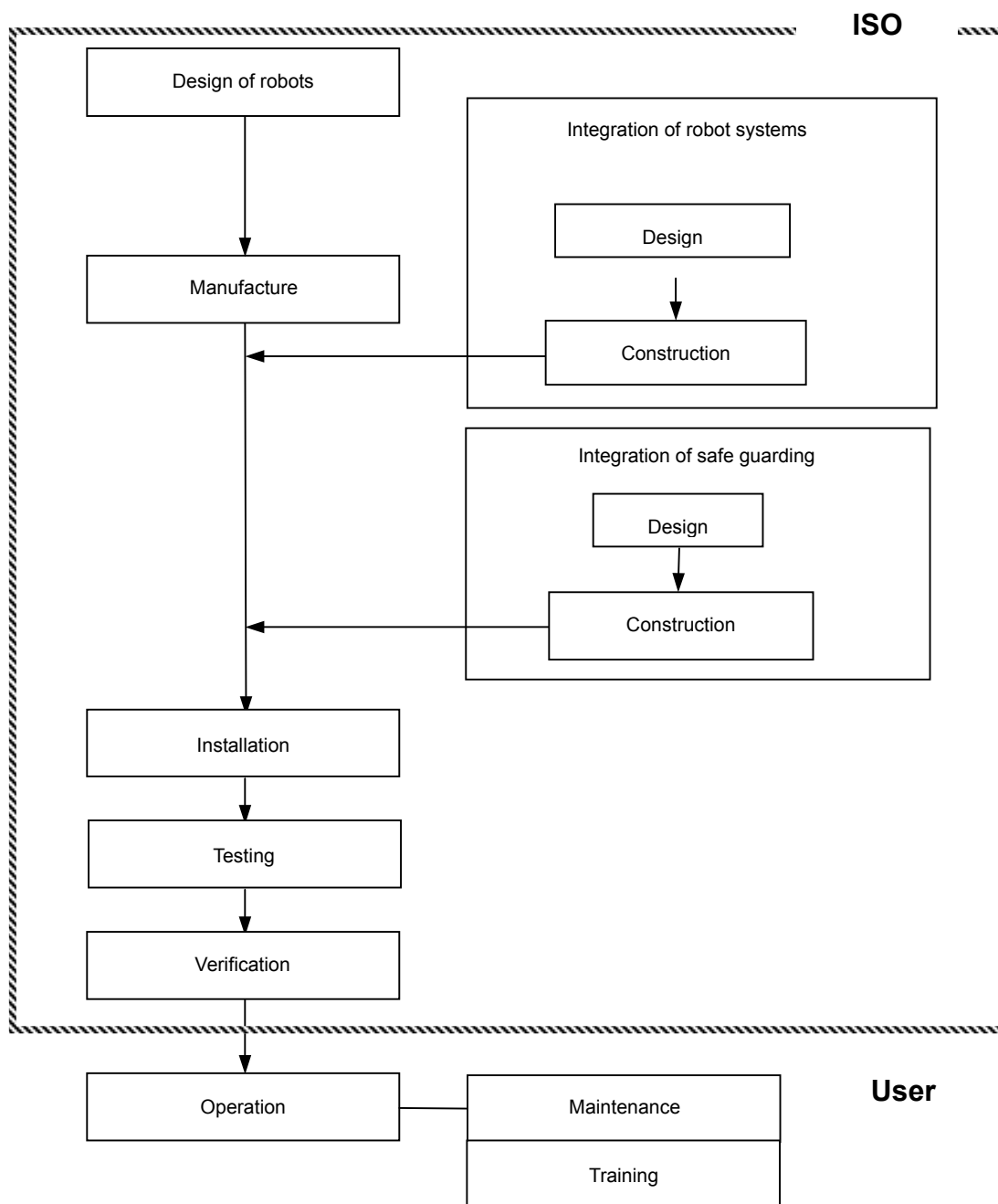


図3. 3. 1 ISOの適用範囲

表3.3.1 ISO10218とNWIの切り分け(日本案)

Form \ Stage	Design	Safeguarding	Installation
Robots	ISO10218-1	ISO10218-1	ISO10218-1
Robot systems Including synchronized robots	ISO10218-1	ISO10218-1	ISO10218-1 / NWI
Multiple robots system	N/A (ISO11161)	N/A (ISO11161)	NWI

表3.3.2 ISO10218とNWIの現行の切り分け

Form \ Stage	Design	Safeguarding	Installation
Robots	ISO10218	ISO10218	ISO10218
Robot systems Including synchronized robots	ISO10218	NWI	NWI
Robot cells and Lines	NWI	NWI	NWI
Integrated mfg. system	NWI	NWI	NWI

この日本の提案をもとに、ISO10218part1 とNWI それぞれに含めるべき項目の切り分けについて審議がスタートした。しかしマルチプルロボットシステム（複数台のロボットを使用したシステム）の取り扱い、part1の6項Installation of robots and robot systemsや7項Design and safeguarding of the robot systemの取り扱いなどについて、各国の意見がまとまらなかった。そこで事態解決のため、6項内の各条項について具体的な取り扱いを検討していくことになった。そして6.1項から順にISO10218part1に残すものとNWIに持っていくものを切り分けしていったが、各国の意見がまとまらないものがあり、6項の途中で作業を中断せざるをえなくなった。結果として、ISO10218part1とNWIの切り分けは、次回会議にて再度審議することとし、ISO10218part1の成立を急ぐことになった。表3.3.2に現時点でのISO10218part1（表のISO10218）とNWIの切り分け案を示す。

この後、2003年10月のISO10218part1をDIS (Draft International Standard＝国際規格原案) として認めるかどうかの国際投票時に各国から提出された86項目のコメント (N 463

Result of voting and received comments on ISO/CD 10218-1) を順に検討する形で、規格の冒頭から審議が開始された。審議の主要ポイントについて以下に記す。

・ 5.2.8 Holding brake or device

日本から保持ブレーキ装置は機構部品なので、それをISO13849-1の安全カテゴリに基づいて、性能を規定するのは不適切と指摘した。その結果、安全性能を規定しておくことは重要なので、規定対象をHolding brake functionに変更し、具体的なカテゴリー 2（定期的な機能チェック）の実現手段をNOTEに記すことになり、その内容は次回会議で検討することになった。また保持ブレーキ機能の故障が解消されるまでロボットが起動しないことなども追加規定された。

・ 5.4.4 Software based safety systems

IEC61508（電気/電子/プログラム可能電子安全関連システムの機能的安全性）に規定されているSIL（Safety Integrity Level：安全水準度）を適用した安全性能も表記すべきとの意見が出たが、ISO13849-1 の安全カテゴリとIEC61508のSILとの間に正確な対応が無いこと、またIEC62061（機械類の機能安全）のFDIS 発行が間近に控えていることから、次回会議で改めて審議することになった。

・ 5.5 Robot stopping circuit

日本から、protective stopとemergency stopの両回路を独立させることよりも、両機能を持つことが重要なので、両回路を独立して持つとの規定は変更すべきと主張した。その結果、両回路の独立は削除され、両機能を独立して持つことに変更され、日本の主張がそのまま受け入れられた。また条項のタイトルもRobot stopping functionsに変更された。さらにシステム構築上の利便性からemergency stop output signalをオプションで準備した方が良いとの規定が追加された。

・ 5.6.2.1 Reduced speed control

米国、スウェーデンからTCP（Tool Center Point）で250mm/s以下と限定しても、エンドエフェクタに取り付けたツール部分は、TCPの速度を上回るので、ツール部分で速度を規定すべきとの意見が出た。どこが最速になるのか特定は難しい、ツール先端以外のアームの関節部分にもTCP速度を超えところがある、また250mm/s以下であることをどのように保証するのかなどの意見が出て、各委員で激しく意見が対立した。結果として、議長裁定で250mm/sの規定箇所をthe speed of the mounting flange and of the tool centre point (TCP) との規定文に修正され、NWIにて再度検討が必要とされた。

・ 5.7.4 Pendant emergency stop function

・ 5.7.6 Wireless or detachable teach controls

・ 5.7.6.1 Safety requirements

着脱可能なティーチペンダントの非常停止スイッチの表示が常時接続のティーチペンダントの表示が、改訂案では異なる表示とすべきとしているが、機能が同じであるならば表

示も同じにすべき、との意見が出された。これに関連して、ロボットのティーチペンダントは、3ポジションイネーブルスイッチの取り付けを義務付けているので、ペンダントに非常停止スイッチは不要ではないかとの意見、無線式ペンダントでは、非常停止スイッチが有効であると勘違いする恐れがある（実際に事故が発生したとのこと）ので常時接続のペンダントの非常停止スイッチと明らかに異なる表示にすべきである、上位規格に従って非常停止スイッチは必要、また非常時のシステムの停止のためにはペンダントに非常停止スイッチは必要などの意見が出され紛糾した。審議の過程では、上位規格で操作盤に非常停止スイッチの設置を義務づけていても、個別規格であるISO10218でそれ以上の安全が確保されるなら、必ずしも非常停止スイッチの設置を義務づける必要はないとの判断もCENから示された。結果として、常時接続でないペンダントの非常停止スイッチはIEC60204-1（機械類の安全性－機械の電気装置－一般要求事項）に従うこととの規定が削除され、全てのペンダントがISO13850（機械類の安全性－非常停止－設計原則）に従うに変更され、かつ5.7.6 Wireless or detachable teach controlsのタイトルをTeach controls having no connecting cableに変更の上、次回会議で再度検討することになった（現時点では5.7.6の規定内容は全文削除の状態）。

以上、5.7項の審議途中で時間切れとなり、残りの項目は、次回会議で審議を継続することになった。

国際投票での各国からコメント51項目のコメントを検討したが、審議の結果、却下された意見がほとんどであり、前回part1を審議したトリノ会議のように、規格文が大幅に修正が加えられることは無かった。

3) 今後の予定

第7回会議	2004年5月10日～5月12日	
	ストックホルム（スウェーデン）	ホスト：ABB
第8回会議	2004年10月25日～10月27日	
	名古屋（刈谷）	ホスト：デンソーウェーブ
第9回会議	2005年3月7日～3月9日	
	ロンドン（英国）	ホスト：Health and Safety Executive (HSE)
第10回会議	2005年6月20日～6月22日	
	シュツットガルト（ドイツ）	ホスト：DaimlerChrysler

3.4 ロボットの安全性に関する国際調査報告

3.3で報告したISO国際会議の前後に、日本の提案を有利に進める目的等で関係機関等の調査を実施したので、以下にその報告を記す。

3.4.1 SAFECOM Engineering AGに関する調査

日時 : 平成15年6月11日(水) 8:00-16:00

場所 : SAFECOM Engineering AG (Budhus 12, Grosswangen、スイス)

調査者: 土肥正男 (和泉電気㈱)

面会者: Alois Ineichen氏、Carlo Haechler氏

ISO10218 の改定作業において「Wireless or detachable teach control」の条項が追加され、無線ペンダントや着脱可能なペンダントについても今後検討していくことになっている。現状では欧州の建設業界においては、無線ペンダントを用いてクレーンを制御している例が見られるが、ロボットに応用した例はまだなく、今回の改訂会議に反映するために欧州の企業としての意見を調査した。

無線ペンダントを用いてクレーンを操作するといった用途においては、通信不良が発生したり無線が途絶えた場合にはすぐに出力を遮断している。また屋外においては外乱ノイズの影響をあまり考慮する必要がないとのこと。しかし、産業用ロボット向けに使用する機器は、ノイズ環境が厳しい現場での使用に耐えうるものでなくてはならず、なおかつ多少のノイズによりロボットの電源が遮断されるシステムは好ましくない。また、クレーン用ペンダントの実機に触れてみたが、サイズも大きく重いものであり、ロボットのティーチング作業では作業者の疲労が予想された。

結論としては、現状ではロボットシステムにそのまま適用するには困難であるが、将来的には非常に有望な技術であり、今後も引き続き技術動向を調査する必要があることがわかった。

3.4.2 Siemensに関する調査

日時 : 平成15年6月13日(金) 9:30-15:30

場所 : Siemens社 (Werner v. Siemens Str. 48, Amberg、ドイツ)

調査者: 土肥正男 (和泉電気㈱)

面会者: Bernhard Wiesgickl氏

非常停止回路は従来ハードワイヤで構成されなければならなかったが、ISO10218 のように近年の規格改訂によりソフトウェアによる構成も認められつつあり、安全PLCやセーフティネットワークに置き換わりつつあるが、セーフティネットワークが産業用ロボットにこれからどのように使用されていくかを AS-Interface の権威である Siemens 社において調査した。

その結果、セーフティネットワークは産業用ロボットやプレス機のアプリケーションで要求される安全カテゴリ4に対応しており、産業用ロボットに適用可能であることが分かった。また、セーフティネットワークに接続される安全機器として、非常停止スイッチやドアスイッチ等以外に、グリップスイッチやティーチングペンダントに搭載される3ポジ

ションのイネーブルスイッチが今後必須であることを ISO10218 の例をあげて説明し理解を得た。



写真 3.2.1 Siemens 社玄関前

3.4.3 SIAS2003（「産業自動化システムの安全」に関する国際会議）に関する調査

日時：平成15年10月13日（月）～15日（水）

場所：フランス ナンシー市

調査者：池田博康（独立行政法人産業安全研究所）

土肥正男（和泉電気㈱）

SIAS2003（3rd International Conference “Safety of Industrial Automated Systems”）に参加し、ロボットに関する研究発表を行うとともに産業自動化システムの安全について調査を行った。

この会議は隔年で第1回はカナダ、第2回はドイツで開催されており、今回は第3回としてフランスの INRS（国立安全研究所）がホストとなり、ドイツ BIA、イギリス HSE、カナダ IRSST の各国安全研究機関がオーガナイザとなって企画された。会議では、人間とシステム環境における干渉問題を理解し、そのような状況で生じる危険問題を最小にするため、リスクアセスメント、マン・マシンインタフェース、機能安全、人間工学、安全設計、安全制御、防護装置、通信、トレーニングなどの多岐にわたる分野で発表と討論が行われた。

会議の参加者は延べ 185 名であり、ヨーロッパを中心に、研究所、公的機関、大学、産業界から専門家が集まり、7つのセッションで 33 件の口頭発表と 16 件のポスター発表、2 件のワークショップが行われた。日本からは、産業安全研究所から 4 件、和泉電気から 2 件の発表があった。なお、この会議の前週行われた第 6 回 ISO10218 プロジェクト会議の参加者の内、報告者の池田を含めて 4 名がロボットや制御に関する発表を行った。

初日は、「リスクアセスメント」と「応用分野」の 2 つのセッションが行われ、前者は国際規格に基づくリスクアセスメント手法や安全設計の考え方、後者は安全防護手法や機能

安全、ソフトウェア安全についての発表があった。特に興味を引いたものは、機械システムのライフサイクルを考慮したコスト対安全努力のバランス問題と、十分吟味された安全コンポーネントでも不具合により事故に至るという事例であった。いずれも安全の専門家が詳細な検討を行っており、日本ではなかなか見られない分析が大変参考になった。また、プログラムコンフィグレーションによって機能が変わえられるコントローラ（PLC）の紹介もあった。

第2日目は、「人間と機械の相互作用」と「機能安全（入門）」、「機能安全（手法とツール）」の3つのセッションが行われた。最初のセッションでは、自動化システムにおける人間・機械インタフェースと相互作用について問題点を挙げて、オペレータの意志決定支援システムとフォールトトレラントシステムを組み合わせた人間・機械協調モデルを提案した例や、サングラスのレンズ上に危険情報を呈示する試みが紹介された。また、複雑なシステムに対する有効なユーザガイドの事例として、日本電気制御機器工業会作成の機械安全の漫画本がドイツ人によって紹介された。「機能安全」の2つのセッションでは、IEC61508、IEC62061、EN954-1（ISO13849-1）などの国際規格における機能的安全の概念や手法が紹介されるとともに、プログラマブルな制御装置の機械への適用や故障率の算定法などの発表があった。

これらのセッションを受けて、当日夕方から「機能安全」と「ヒューマンファクターと人間・機械インタフェース」の2つのワークショップが同時開催された。前者のワークショップでは、機能安全に関連する規格作成に携わっている専門家から、様々な話題が提供され参加者で議論が弾んだが、安全性能（あるいはカテゴリー、またはインテグリティレベル）に関しては参加者間で理解の差があり、また国による解釈の違いが垣間見えてなかなか意見は集約されなかった。しかし、先進的分野に従事している会議出席者が多いためか、従前の定性的な機械安全のレベル分類に対して、時間の概念（診断間隔等）を入れた機能安全の信頼性の考え方は大分浸透しつつあると感じた。

ワークショップ終了後、ポスターの説明会が行われ、ポスター発表者と参加者間で賑やかな議論が行われた。

最終日は、「安全な通信システム」、「革新的な保護装置」、「トレーニング」の3セッションが行われ、報告者は最初のセッションで「Feasibility Study on Radio Pendant Device with Enabling Function for Industrial Robots」と題して発表を行った(写真1)。これは、ロボットの教示ペンダント装置における停止機能とイネーブリング機能について時間的要件を実験的に論じ、その結果からペンダント装置を無線化する際の必要要件を述べたものであるが、人間の反射実験の内容についての質問やペンダントのユーザビリティに対するコメントがあり、興味を持たれたようであった。次のセッションでは、視覚による保護装置（VBPD）の発表で、日本提案のレファレンスパターンに基づくVBPDのロボット環境への適用例やドイツのプレス作業への適用例が紹介され、人間と機械の共存環境下での新

しい安全方策の試みが注目を浴びた。最後のセッションでは、前出 IRSST におけるリスクアセスメントと安全防護のトレーニングプログラムが紹介され、活発な啓蒙活動に感心した。

今回の会議も英語、仏語、独語の3カ国語同時通訳で行われ、優秀な6名の通訳に助けられてスムーズに進行したが、早口の仏語、独語は当然ながらもっと早口な英語に変換されたため、理解に苦しむことが間々あった。しかし、ビジュアルの助けもあって何とか大略は掴むことができ、さらに個々の質問に対しては丁寧に答えていただき大変有意義な時間を過ごすことができた。また、交流のある各国の安全研究者と再会することもでき、最近の動向について意見交換を行うとともに親交を深めることができた。

なお、併設された展示コーナーでは、数は少ないながら、防護具から高安全性能な PLC や安全関連バスシステム等の最新機器が紹介されていた。特に、安全情報のネットワーク化の進展は速く、電波や赤外線によるバスの無線化や分散処理などいくつか試作機が展示されており、今後このような分野の市場が世界的に拡大することが予測される。



写真3.3.1 SIAS2003でのセッションの様子（壇上中央が報告者の池田）

3.4.4 フ라운ホッファー生産自動化研究所（Fraunhofer IPA）に関する調査

日時：平成15年10月16日(木) 9:30-15:30

場所：ドイツ シュツットガルト市

調査者：池田博康（独立行政法人産業安全研究所）

フラウンホッファー研究機構は、1949年に設立されたヨーロッパでも著名な応用研究機関であり、ドイツ国内に58機関ある非営利の研究団体として約12000人が従事している。フラウンホッファーIPAは主に製造業の会社が直面する組織的あるいは技術的問題を解決するための活動を行っており、組織経営、企業ロジスティクス、自動化システム、生産自動化、生産技術の5分野の下に合計14の部門から構成されている。年間予算は3200万ユ

一口ほどで、その内3割が政府から、残りが公的プロジェクトと民間から得ている。この研究所の自動化システム分野のロボットシステム部を訪問し、プロジェクトマネージャーの Evert Helms 氏に案内をしていただいた。ここでは、プロセスと操作の自動化、ロボットアプリケーション、サービスロボット、ロボット要素技術、メカトロ製品を対象とした研究開発を実施しており、特に、サービスロボットの研究状況とビジョンシステムの応用について話を伺うことができた。

サービスロボットとして研究対象にしているのは、清掃ロボット、看護ロボット、レスキューロボット（火災用）、壁面ロボット、自動車ガソリン注入ロボット、手術ロボット、エンターテインメントロボットと幅広く、実際に家庭内での簡単な運搬等のサービスを提供するロボットのデモを見学した。これは、小型の移動ベース上に単腕マニピュレータが搭載されたロボットで、多数の非接触人体検出センサやカメラが組み込まれていた。マニュアル操縦はもとより、プレイバック動作時も無線ペンダント（コマンダー）で管理され、人がコマンダーを操作している間のみ一定距離を保って追従する動作が実現されていた。機能的には日本製ロボットが優れているが、安全な操作という点では先進技術を取り入れつつ綿密な検証を行っている印象を受けた。

ビジョンシステムは、CCD カメラによってスカラロボットの可動範囲の監視を行い、ワークを出し入れする人の手がロボットアームと干渉する前に、それを認識して危険回避制御を行わせるものであった。ロボットアームと人の手を同一画面上で識別して、両者の位置関係を常時監視するように働いていたが、認識に失敗することが時折あった。この技術は、安全機能の検証を含めてまだ途上の技術であるらしいが、基本技術はほぼ確立しているようで、実機製造と実環境試験のためにスポンサーを探しているという状況とのことだった。

この研究所におけるロボット研究は、設計段階でのリスク分析からシステム化、試験・評価まで体系的に推進しており、最近では、サービスロボットをはじめとして人間との共存や協調を指向するテーマが多いようであった。その中で、サービスロボット実用化のために安全技術は一つの研究基幹となっており、日本でもこのような新しい形態のロボットに対する積極的な安全技術の研究開発を進める必要があると思った。日本がこの分野でも産業用ロボットと同様に世界をリードするように、現状でのアドバンテージを生かしつつ、安全の標準化を推進する立場に立つことが必要と感じた。

3.4.5 BIA（BG安全衛生研究所）訪問に関する調査

日時：平成15年10月17日(金) 9:30-16:30

場所：ドイツ サンクアウグスチン市（ボン市郊外）

調査者：池田博康（独立行政法人産業安全研究所）

面会者：Karlheinz Meffert氏、Dietmar Reinert氏、Michael Schaefer氏、
Ulrich Raschke氏

BIA は BG（法定災害保険予防機構）翼下の研究機関であり、自然科学や技術系分野を担当している。同様の BG 研究機関は医学系の BGFA、作業場安全と健康等の社会科学系の BGAG がある。BIA では 226 人の職員を擁し、年間予算約 2000 万ユーロでその内 8 割は BG、すなわち保険会社やエンジニアリング、登録会社から得ており、残りは第三者の試験・認証業務から得ている。そして、主に応用研究を比較的短期間（2～3 年間）で実施している他、専門家としてのコンサルタント、規格や基準策定の業務なども行っている。

理事長の Karlheinz Meffert 氏の歓迎の挨拶後、学際サービス部門の Dietmar Reinert 氏、災害予防と製品安全部門の Michael Schaefer 氏、保護装置と制御システム部門の Thomas Bömer 氏を交えて意見交換を行い、研究室を案内いただいた。機械安全の各種保護装置やダスト除去装置などの試験・検証や、劣悪環境下での人間工学的作業測定など、様々な研究室を見学して研究活動の説明を受けた。特に印象に残ったものは、地下にある防護合わせガラスの破壊試験設備であり、これは非常に大掛かりで実際に弾丸を撃ち込む試験を行っていた。また、前出フラウンホッフ IPA で見たビジョン監視システムをプレス機械に適用していたが、このシステムの実用化に向けた本格的な展開はやはりスポンサー待ちとのことだった。

また、ロボットをはじめとする機械設備制御へのコンピュータの導入については積極的に推進して、機能的安全性の検証を併せて行っていた。このような産業現場に直結する即効型の研究が多いことが BIA の特徴でもあり、今後、益々機能安全技術の産業界への導入が盛んになるだろうと予想された。

最後に、法定災害保険のための国際法／ドイツ連絡局の Ulrich Raschke 氏からドイツの労災保険制度について話を伺った。ドイツの保険は、日本のように国ではなく BG が運用しているが、保険の目的が災害防止、補償、リハビリテーションの 3 つの柱であり、中でも災害防止に主眼を置いて、積極的に保険掛け金を変動させるシステムが興味深かった。日本でも、安全技術の開発・普及をより促進するためには、このようなシステムによって事業者のインセンティブを高めることも必要になるのではと感じた。

3.4.6 DENSO MANUFACTURING ATHENS TENNESSEEに関する調査

日時：平成16年2月13日(金) 9:00-18:30

場所：米国 テネシー州ノックスビル市郊外

調査者：橋本秀一（㈱デンソーウェーブ）

生島譲次（トヨタ自動車㈱）

面会者：Shawn Bryant氏、下原史靖氏

DENSO MANUFACTURING ATHENS TENNESSEE, INC は、2003 年に㈱デンソー

の出資比率 100%で設立された。9月3日現在で従業員数は 822 人で、インジェクタ、O₂ センサ、スティックコイル等の自動車用部品の製造を行っており、製造工程はかなりの部分が自動化されている。

DENSO MANUFACTURING ATHENS TENNESSEE, INC. における生産設備の安全に関する取り組みについて、Shawn Bryant 氏及び下原史靖氏より説明を受けた後、実際の現場に移動し、具体的な問題点等について、特にロボットを中心に調査を実施した。

その後、翌週開催される ISO10218 改訂オーランド会議に向けて、日本国内で事前検討した結果と会議への説明方針を説明し、追加すべき課題点が無いかを検討した。特に今回の改訂案の原案となった ANSI/RIA R15.06-1999 を運用する立場の責任者である Shawn Bryant 氏に、今後の ANSI/RIA R15.06-1999 改訂に大きな影響を与える ISO10218 改訂案について、反映すべき内容が無いかという視点で検討した。その結果、下記以外については日本の主張でほぼ問題ないことを確認した。

- ・5.8 Synchronised robot control シンクロナイズという言葉の定義が不明確なので、明確化を図る必要がある。
- ・6.6 Restricted space identification 規定文の『The restricted space should be conspicuously identified.』となっているが、conspicuously は米国人から見るとラインなどで明示することを意味し、実際の設備において床面はともかく、空間部分の制限領域への明示は困難になってしまう。本条項は、取扱説明書などに制限領域を明示することが目的であるはずなので、取扱説明書にその内容で明示する必要がある。

4. ロボット操作インタフェース標準化に関する検討

4.1 調査の概要

産業現場に広く普及し、現在では欠かせないものとなっているロボットではあるが、メーカーごとに異なる操作部や名称等にとまどうユーザも見受けられる。そこで、平成13年度より軽水炉プラント用保守・点検ロボットの標準化に関する調査研究のなかで、ロボット操作部におけるヒューマンインタフェース標準化調査を行いメーカー・ユーザの聞き取り調査等をおこない、それらに基づいて標準化の素案を作成した。

移動ロボット安全性標準化調査専門委員会では、昨年までの調査研究で得られた標準化の素案について検討を加え、工業標準の規格原案とすることを目的に検討を行った。

4.2 ワーキンググループでの審議経過

今年度は、操作インタフェースワーキンググループということで3回の審議を行った。昨年度得られた標準化の素案を基に、規格案としての体裁を整える作業を行った。具体的な作業は以下の通りである。

適用範囲を明確にすること

引用規格の調査と整理

用語の定義

国際規格との整合性

全体の文章の見直し

作業においては、現在稼働中の各社のロボットの用語に配慮しつつ、標準化原案としてとりまとめを行った。

4.3 ロボット操作インタフェース標準化案

操作インタフェース規格案

1 適用範囲 この規格は、産業用マニピュレーティングロボットに関して、人間がペンダントを操作する際の操作インタフェースについて規定する。

2 引用規格 次に掲げる規格はこの規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの規格はその最新版を（追補を含む）を適用する。

JIS B 0134 : 1998 産業用マニピュレーティングロボットー用語

JIS B 8433 : 1993 産業用マニピュレーティングロボットー安全性

JIS B 9703 : 2000 機械類の安全ー非常停止ー設計原則

JIS B 9960-1 : 1999 機械類の安全ー機械の電気装置ー一般要求事項

JIS Z 9101 : 1995 安全色及び安全標識

IEC 60204-1 :

IEC 60947-5-5 : 1997

(上記規格に対応する、JIS があればそれを掲載する)

3 用語 以下の掲げる用語を除いては、JIS B 0134 の用語を用いる。

3.1 キー ペンダント上にあり、個々の作動力が加えられ、操作が行われる部分。

3.2 ボタン 操作部上端の押す、引くなどの作動力が加えられる部分。押しボタンスイッチ、引きボタンスイッチ、押し引きボタンスイッチなどの操作部分。

3.3 スイッチ 一つ以上の電気回路で電流を通電、開閉する機器

3.4 ペンダント (JIS B 0134) 制御装置に接続して、ロボットにプログラムを教示、又はロボットを作動させることのできる携帯用ユニット。

3.5 イネーブル装置 (JIS B 0134) あらかじめ定められた動作位置に保持されている間に限り、ロボットの作動を可能とする手動動作装置。

3.6 ステップ タスクプログラムを実行する際の1つの段階。

3.7 タッチパネル 指や専用のペンで操作装置の画面に触れることにより操作ができる装置。表示装置上にある場合タッチスクリーン・タッチディスプレイパネルと呼ばれることもある、

3.8 ファンクションキー 使用目的があらかじめ定められているキー以外で、操作の各段階において特定の機能や記号が割付られる機能拡張キー

3.9 多機能キー 一つのキーで複数の機能を持つキー。ただし、各段階で割り付けられる機能や記号がかわらないもの。

4 キー及びボタン

多すぎるキー及びボタンの数により操作者の混乱を招かないように、ペンダント上に配置する操作キー及びボタンの数は適切でなければならない。そのため、一部の専用キーを除いて適宜用意された特別なキーとの併用や多機能キーの利用により、操作性を向上させなければならない。

4.1 専用キー

a) 誤操作を防止するために、ロボットの軸操作および動作実行に関するキーは専用のキーを設けなければならない。これらには以下のキーが含まれる。

軸操作キー

ステップ前進キー

ステップ後退キー

- b) 専用キーは、その用途ならびに頻度に照らして配置を決めなければならない。

4.2 数字入力キー

数字入力キーは、左側及び下側に小さい数を配置しなければならない。

4.3 軸操作キー

- a) 軸操作のために、ロボットの自由度の2倍の個数の操作キーを用意しなければならない。(例：6自由度の場合12個のキーを用意しなければならない。)
- b) +方向へのロボット手動送りと－方向へのロボット手動送りのキーは、それぞれ別のキーとしなければならない。
- c) ベース座標系によるロボット手動操作の場合、キーの意味は以下のようにする。

+X 直進	+Y 直進	+Z 直進	+a 回転	+b 回転	+c 回転
－X 直進	－Y 直進	－Z 直進	－a 回転	－b 回転	－c 回転

- d) 各軸のロボット軸の手動操作の場合、キーの意味は以下の例のようにする。

例：6軸関節ロボットの場合

+J1 回転	+J2 回転	+J3 回転	+J4 回転	+J5 回転	+J6 回転
－J1 回転	－J2 回転	－J3 回転	－J4 回転	－J5 回転	－J6 回転

例：6軸直角座標ロボットの場合

+J1 直進	+J2 直進	+J3 直進	+J4 回転	+J5 回転	+J6 回転
－J1 直進	－J2 直進	－J3 直進	－J4 回転	－J5 回転	－J6 回転

- e) 手動操作に用いる c) 及び d) のキーは、順に上から下、又は左から右に配置する。
- f) 同じ移動の+方向と－方向のキーは、並べて配置する。
- g) +方向のキーおよび－方向のキーは、並べて配置する。
- h) キーの並びを分割する場合、直進と回転の2グループに分割するのが望ましい。また、J1～J3 とその他のグループに分割するのが望ましい。
- i) 座標に沿った動作と各軸の操作モードの切り替えは、選択されているモードが容易に判るように表示されなければならない。
- j) 軸操作キーは、ホールドトーラン機能を有しなければならない。(JIS B 8433)
- k) 軸操作に関するキーは、他のキーと容易に識別が可能な配色や形状にしなければならない。

4.4 表示

- a) 教示ペンダントのキーの表示は、キー上面に行わなければならない
- b) 表示は、操作者が識別しやすいように適切な文字の大きさおよび色で行われなければ

ばならない。

- c) キー（とくに、軸操作キー）は、誤操作を防止するため、手探りでも識別可能なようにエンボス加工等を施すことが望ましい。
- d) 表示は、日本語で行われることが望ましいが、英語およびその諸略表記を用いる場合は理解しやすいものを用いなければならない。

4.5 非常停止機器

- a) ペンダントには非常停止機器を用意しなければならない。（JIS B 8433）
- b) 非常停止機器は JIS B 9703 によらなければならない。

4.6 配置

本規格の他の定めるところ（4.1 b), 4.2, 4.3 e),f),g),k)）に加えて、すべてのキー及びボタンの配置は、使用頻度と操作性を考慮し配置しなければならない。

4.7 複数機能キー

教示ペンダントにおいて、1 個のキーに複数の機能を与える多機能キーを用意する場合、以下に従なければならない。

- a) 多機能キーへの機能の割り当ては、1 つのキーに 2 つまでとしなければならない。
- b) 多機能キーの機能の切換えは、通常はそのために用意された特別なキー（本規格では、以下、シフトキーと呼ぶ）によって行わなければならない。キー単体で使った場合と、シフトキーを併用した場合で、機能を切換える。
- c) 多機能キーを使用する場合、キーの表示でそのキーが多機能キーであることがわかるようにすることが望ましい。表示では、キー上面を上下の 2 つのエリアに分割し、単体使用の場合の機能を下のエリアに、シフトキーと併用した場合の機能を上のエリアに、横書きで記述するのが望ましい。
- d) 多機能キーの機能の切換えは、明示的に分かる方法で行わなければならない。トグル方式や、ダブルクリック・長押しによる機能の切換えは用いてはいけない。設定の切換えでキーの機能を切換える場合には、現在のキーの機能が教示ペンダントの画面表示や LED 点灯などから判断できるようになっていなければならない。
- e) 操作の各モード等に対応してキーの操作に対応する機能等が変わるキー（本規格では以下ファンクションキーと呼ぶ）を用意する場合は、それぞれの場合においてキーの機能が容易に判明するように表示されなければならない（例：表示画面の周辺にこのキーを配置するかタッチスクリーン上のタッチスイッチを用いる場合には、ファンクションキー近くの表示装置の画面に表示する）。この場合は、上記 a)～d) の多機能キーの設計基準は適用されない。また、タッチパネルを用いないファン

クションキーの表示においては、(F1, F2,・・・のようにして)表示からはキーの実際の機能がわからないようにし、キーの表示に機能を推測させるような名称を使用してはならない。

- f) ロボットの手動操作やプログラムの実行制御のキーに、これらと種類の異なる機能を持たせて多機能キーとしてはいけない。但し、同じ種類の機能は、機能が明示的に判別できるようにすれば使用してかまわない。例えば、ロボットの軸操作に、設定によって、ロボットを直交座標系に沿って動作させる機能とロボットの各軸を動作させる機能を割り当てることは、現在の割当てを画面等の表示で明確に識別できれば許容される。
- g) 教示データの上書きなどの操作は、オペレータの予期せぬ操作によってデータが書き換わらなければならない。これには、複数のキーの同時押しによる入力操作で可能とすることなどがある。

4.8 スイッチの操作感覚

軸操作キーなどの、ロボットの動作を制御するために使用するキーについては、オペレータに対して、キーの入力を受け付けたことを確認させるために、適当なクリック感があるようにするのが望ましい。

5 色

キー、ランプ、ディスプレイ等の表示色として、次の色を用いる。

スイッチ・ボタン、機能	色	ボタン・表示の例	
非常停止ボタン、停止ボタン 非常停止中、停止状態を表すインジケータ 重度の異常が発生している状態	赤色または 橙色	非常停止ボタン 	異常表示 
サーボ電源ONボタン サーボ電源ON状態を表すインジケータ	緑色	サーボ ON ボタン 	
軽度の異常が発生している状態 または注意を促す表示	黄色		警告表示 
自動運転ONボタン 自動運転状態を表すインジケータ	白色または 乳白色	起動ボタン 	

その他安全に関する配色は、JIS Z 9101 による。

6 表示装置

6.1 視認性

- a) 液晶表示におけるバックライトの使用等で、照明が十分でない薄暗い所における作業においても支障の無いように、十分な明るさで視認性を確保しなければならない。
- b) 液晶表示等においては、輝度・コントラストの調整が行えることが望ましい。
- c) 表示装置は、カラーによる表示が望ましいが、他の規定で定められている場合やカラーの必要性がない場合にはモノクロによる表示とする。

6.2 表示色

カラー表示装置を用いる場合には、色弱者にも配慮し、色使いだけによって、用途、機能の区別を行うようにしてはならない。

警告は、赤（又は橙）、若しくは、赤地（橙地）の反転とし、使用者の注意を引くようにすること。

警告以外は、見易さに配慮した色を用いること。

6.3 表示文字

画面表示に用いる文字は、作業者が容易に認識できる大きさと字体でなければならない。

6.4 警告表示

警告の表示は、警告以外の表示と容易に識別がつくようにしなければならない。

例）反転表示または点滅表示など

7 イネーブル装置

ペンダントには、イネーブル装置を用意しなければならない。（JIS B 8433）

- a) イネーブル装置として3ポジションタイプの装置を用いなければならない。リスクアセスメントの結果により、2ポジションタイプの装置を用いてもよい。
- b) 操作の容易さや長時間操作における疲労を考慮してスイッチの操作に必要な力を決めなければならない。
- c) 容易にイネーブル装置であることが認識できる色でなければならない。
- d) 操作しやすい位置に配置しなければならない。
- e) イネーブル装置を必要とする操作を明らかにしなければならない。
- f) イネーブル装置については、ハードワイヤードによる回路または安全に対して同等の機能有する回路等で構成しなければならない。

8 材料

- a) 通常の作業で考えられる状況において耐えうる十分な強度を有しなければならない。
- b) シート状のスイッチの場合、経年変化や操作等によりシートが劣化し操作不能にならないようにしなければならない。
- c) ペンダントの各部の材料等は落下等に対して十分に配慮されるのが望ましい。
- d) ペンダントと制御装置の接続に用いられるケーブル及びコネクタは、十分な強度と信頼性を持たなければならない。
- e) ペンダントと制御装置の接続に用いられるケーブルは、操作者の操作を妨げることのないように、柔軟性や取り付け位置を考慮されなければならない。
- f) 使用雰囲気を考慮し、材質を決定しなければならない。

4.4 標準化案に対する補足説明

今回作成した規格原案では、キーやボタンの操作力・キーの寸法・配置に関する寸法などは記載しないこととした。類似の欧米の規格(ANSI/RIA R15.02, EN894-4 など)では、これらに具体的な数値を割り当てて規格としているものもあるが、これらの数値は欧米人の体格・操作力に対応して決められているものであり、そのまま日本人(およびアジア人)に当てはめられないものが多いと考えられる。そのため、数値を指定しないのであれば、規格として盛り込む必要はないであろうと考えた。現在、別途アジア人に対する体格の標準数値などを定める作業が進められており、これらの結果を待って取り入れられる数値があればそれを取り込むことにより、より設計の指針となる規格案とすべきであるとする。

現在、実際に多くのメーカーで製造されたロボットとそれに接続される操作ペンダントが実際に使用されており、大きな変更を行うと現場での混乱を招くというデメリットの方が標準化を行うメリットより多い場合も考えられる。したがって、用語等は細部まで定めるよりはゆとりのある規格とすることとした。

用語においては、各メーカーの違いを十分に考慮するとともに、最近の小型化に対してどこまで、誤操作が起きないかについて議論をした。その結果、一つのキーにあまり多くの機能を持たせるのはよくないのではないかということになったが、切り替えの明確化や誤操作の防止とのかねあいであろう。やはり、限度があるのではないかと考える。

近い将来ワイヤレス型のペンダントが実用に供されると思われる。これは、ペンダントについての大きな技術的なステップであるので、ワイヤレス化の問題とそれに付随する安全性・操作性に関する議論をこの先していかなければならないと考える。

また、今回は検討の対象外としたが、インタフェースという観点からは、ペンダントと制御装置本体との接続に当たっての、物理的・電氣的なインタフェースや通信プロトコルなど、標準化すべき点は多いと考える。

5. 今後の進め方

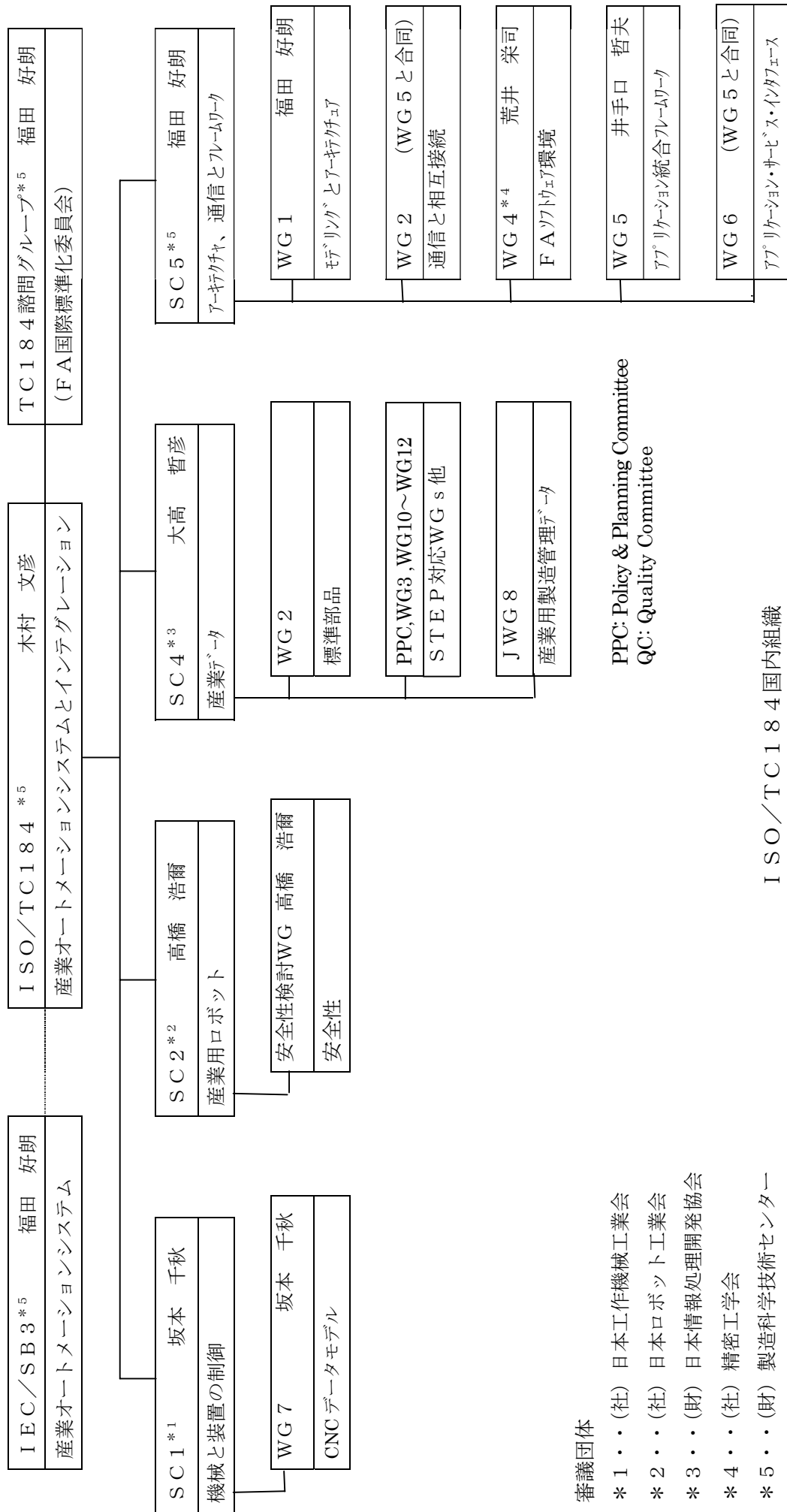
今年度は、移動ロボットの安全基準策定に関する基礎的調査研究として、対象とする移動ロボットの範囲の明確化に向けた、移動ロボット事例調査、移動ロボットの分類検討、移動ロボットの危険源リストに関する検討などを行った。

また、移動ロボットの安全性検討に密接に関連する産業用ロボットの安全性に関する国際規格の改訂状況等の調査及びロボット操作インタフェース標準化案の策定も行った。

来年度は、移動ロボットの安全基準で対象とする移動ロボットの範囲を明確にすると共に、移動ロボットの体系化についてのまとめを行うほか、移動ロボット安全基準策定の手法についての検討も行うこととする。

また、移動ロボットの安全性検討に密接に関連する産業用ロボットの安全性に関する国際規格の改訂状況等の調査についても、引き続き実施していく予定である。

付属資料



IEC/SC3 Industrial Automation Systems Dr. Birla (USA)/Mr. Barta (Swiss)	ISO/TC184 Industrial Automation Systems and Integration Mr. Jean-Marc Chatelard / Ms. Hermetet-Filez (France)	ISO/TC184/Advisory Group Mr. Jean-Marc Chatelard / Ms. Hermetet-Filez (France)
TC184/SC1 Physical Device Control Mr. Müller (Germany) Mr. Gröpper (Germany)	TC184/SC2 Robots for industrial environment Mr. Brantmark (Sweden) Mr. Läfvas (Sweden)	TC184/SC4 Industrial Data Mr. H. Mason (UK) Mr. J. Smith (USA)
SC1/WG7 Mr. Glantschening (Swiss) Data Modeling for Integration of Physical devices	SC4/WG2 Mr. Wilkes (Germany) Parts Library	SC5/WG1 Mr. Martin (USA) Modeling and Architecture
SC1/WG8 Mr. Hagemann (Germany) Distributed installation in industrial applications	SC4/WG3 Mr. G. Radak (USA) Product Modeling	SC5/WG2 Mr. Schwarz (Germany) Communications and interconnections
	SC4/JWG8 Mr. J.J.Michel (France) Manufacturing Process and Management Information	SC5/WG4 Dr. Matsuda (Japan) Manufacturing Software and its Environment
	SC4/JWG9 Mr. Klein (Germany) Joint Working Group for Electrical and Electronic Applications of STEP	SC5/WG5 Mr. Meyer (NZ) Open Systems Application Frameworks
	SC4/WG10 Disband Technical Architecture	SC5/WG6 Dr. Patzke (Germany) Application Service Interface
Quality Committee To be nominated	SC4/WG11 Mr. D. Loffredo (USA) EXPRESS language, Implementation and Conformance Methods	
Policy & Planning Committee Mr. M. Gröpper (Germany)	SC4/WG12 Mr. K. Hunten (USA) SC4 Common Resources	



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

非 売 品

禁無断転載

平成15年度

移動ロボットの安全基準策定に関する調査報告書

発 行 平成16年3月

発行者 社団法人 日本機械工業連合会

〒105-0011 東京都港区芝公園三丁目5番8号

電話 03-3434-5384

社団法人 日本ロボット工業会

〒105-0011 東京都港区芝公園三丁目5番8号

電話 03-3434-2919